Beiträge zur Untersuchung der isostatischen Kompensation der schweizerischen Gebirgsmassen.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung

der philosophischen Fakultät

der Universität Basel

vorgelegt von

Mariette Lehner

aus Basel.

Basel

Buchdruckerei Emil Birkhäuser & Cie.

1930

Beiträge zur Untersuchung der isostatischen Kompensation der schweizerischen Gebirgsmassen.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung

der philosophischen Fakultät

der Universität Basel

vorgelegt von

Mariette Lehner

aus **Basel.**

Basel

Buchdruckerei Emil Birkhäuser & Cie.

1930

Genehmigt von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der philosophischen Fakultät auf Antrag der Herren Professoren Dr. Th. Niethammer und Dr. W. Matthies.

Basel, den 5. Nov. 1929.

Prof. Dr. **G. Senn**, Dekan.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Separatabdruck aus den
„Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel“,
Band XLI, 1929—1930.

Beiträge zur Untersuchung der isostatischen Kompensation der schweizerischen Gebirgsmassen.

Mit 2 Tafeln (I und II) und 19 Textfiguren.

Von

Mariette Lehner.

I. Einleitung.

Die Ergebnisse der Bestimmungen der Schwerebeschleunigungen und der Lotabweichungen haben zur Vorstellung geführt, dass sich die Massen der Erdrinde im sogenannten isostatischen Gleichgewicht befinden. Man will damit sagen, dass einerseits die Kontinente und Gebirgsmassen aus der Erdrinde stammen, und somit nicht als zusätzliche, das Gleichgewicht störende Massen zu betrachten sind, und dass anderseits die leichteren Massen der Meere durch dichtere Massen unterhalb des Meeresbodens kompensiert sind.

Wenn man diese Vorstellung der Rechnung zugänglich machen will, so muss der ihr zugrundeliegende physikalische Zustand genau umschrieben werden. Zu diesem Zweck sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden. Vom Standpunkt der physikalischen Wahrscheinlichkeit aus beurteilt, verdient die Hypothese Airys den Vorzug. Sie nimmt nach der heutigen Auffassung an, dass die Massen der Kontinente eine Scholle bilden, die in ähnlicher Weise wie eine im Wasser schwimmende Eismasse von den tiefer liegenden Schichten grösserer Dichte getragen wird. Physikalisch weniger wahrscheinlich, aber rechnerisch bequemer ist die zweite Hypothese, die von Vorstellungen Pratts ausgeht. Sie sagt aus, dass vertikale Säulen gleichen Querschnittes, die von der äussern Begrenzung der Oberfläche bis zu einer gemeinsamen Niveaufläche in der Erdrinde gehen, gleich schwer sind, das ist gleichbedeutend mit der Aussage, dass solche Säulen gleich viel

Massen enthalten, wenn man von der Änderung der Schwere innerhalb der Säulen absieht.

Um die Pratt'sche Hypothese des isostatischen Gleichgewichts der Rechnung zugänglich zu machen, muss die Grösse des Querschnittes der Säulen und die Tiefe der gemeinsamen Niveaufläche, der sogenannten Ausgleichsfläche, angegeben werden. Die Berechnung der Anziehungswirkung, welche die Massen der Erdrinde auf einen Punkt der Erdoberfläche ausüben, wird am einfachsten, wenn man annimmt, dass der Querschnitt der Säulen unendlich klein sei. Unter dieser vereinfachenden Annahme haben *Hayford* und *Bowie* (17)[1]) theoretische Werte der Schwerbeschleunigung berechnet und diese mit den beobachteten Werten des amerikanischen Schwerenetzes verglichen. Es hat sich ergeben, dass sich die beobachteten Werte durchschnittlich gut auf Grund dieser Hypothese darstellen lassen. Das Hayford'sche Reduktionsverfahren hat *Niethammer* auf 13 Stationen des schweizerischen Schwerenetzes angewendet (16): Die Bouguer'schen Schwereanomalien dieser Stationen bewegen sich zwischen -95 und -136×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2}. Berücksichtigt man nach dem Hayford'schen Verfahren den Massendefekt, so erhält man Anomalien, die zwischen -7 und $+55 \times 10^{-3}$ cm $\times$ sec^{-2} liegen. Der algebraische Mittelwert beträgt nach der Bouguer'schen -118×10^{-3}, nach der Hayford'schen Berechnung $+20 \times 10^{-3}$, wenn die Helmert'sche Formel der Normalschwere von 1901 verwendet wird, und -105×10^{-3} resp. $+33 \times 10^{-3}$, wenn die Helmert'sche Formel der Normalschwere von 1915 verwendet wird. Es verschwinden somit auch hier durchschnittlich die grossen Abweichungen der Bouguer'schen Reduktionsmethode, wenn der Massendefekt in Rechnung gezogen wird. Die Abweichungen der einzelnen Stationen werden aber nicht in bessere innere Übereinstimmung gebracht; während die Bouguer'schen Anomalien der 13 Stationen über einen Bereich von 41×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2} verstreut sind, verteilen sich die isostatischen Anomalien über einen Bereich von 62×10^{-3}. *Niethammer* sucht dieses Verhalten darauf zurückzuführen, dass die Voraussetzungen des Hayford'schen Reduktionsverfahrens nicht zutreffen, d. h. dass entweder die Tiefe der Ausgleichsfläche nicht mit dem richtigen Wert angenommen wird, oder dass die Dichte des Massendefektes nicht in der einfachen, von *Hayford* angenommenen Weise von der Erhebung der Gebirgsmassen abhängig gemacht werden darf.

---

[1]) Die eingeklammerten Zahlen verweisen auf das am Schluss gegebene Literaturverzeichnis.

Was zunächst die Tiefe der Ausgleichsfläche betrifft, die in der Hayford-Bowie'schen Rechnung zu rund 114 km angesetzt worden ist, so ist folgendes zu sagen:

Die neueren Untersuchungen führen eher auf einen kleineren Wert für die Tiefe der Ausgleichsfläche. Es ist aber leicht zu übersehen, dass die isostatisch reduzierten Schwereanomalien der 13 schweizerischen Stationen noch stärker streuen, wenn ein kleinerer Wert in die Rechnung eingeführt würde; man müsste also im Gegenteil annehmen, dass die Ausgleichsfläche in der Schweiz tiefer liege.

Zur vereinfachenden Hypothese Hayford's sodann, nach welcher sich in der Dichte des Massendefektes die äussere Begrenzung der Erdoberfläche wiederspiegelt, ist folgendes zu bemerken:

Hayford und *Bowie* sprechen klar und deutlich aus, dass diese Annahme nicht der wirklichen Massenverteilung in der Erdrinde entsprechen könne, und machen selber den Versuch, zu prüfen, ob sich die isostatisch reduzierten Schwerewerte in bessere innere Übereinstimmung bringen lassen dadurch, dass die Dichte des Defektes oder Überschusses zu einer mittleren Höhe des Terrains in Beziehung gesetzt wird. Sie fassen das Ergebnis ihrer Diskussion folgendermassen zusammen (17): "It seems clear to the writers that if the area taken be sufficiently small immediately surrounding a station, the assumption of regional compensation only, uniformly distributed over this area will be nearer the truth than local compensation distributed strictly in accordance with the elevations within an area. It appears, however, from the inconclusive evidence furnished by the gravity observations that the radius of this area is probably less than 18,8 kilometers, wich radius is within the outer limit indicated in the preceding paragraph. It also appears that the gravity observations will probably not yield conclusive evidence as to which hypothesis is nearer the truth for still smaller areas since differences between the effects according to the two hypotheses applied to these very small areas are so minute as to be very difficult to observe."

Die Richtigkeit der Anschauung, dass die mittlere Höhe eines Gebietes von weniger als 19 km Ausdehnung rund um die Station massgebend sei für die Dichte des Defektes, und dass somit die Gebirgsmassen schon lokal innerhalb eines relativ kleinen Gebietes kompensiert seien, ist von verschiedener Seite bezweifelt worden. Wenn lokale Kompensation vorhanden wäre, so könnten z. B. isostatische Schwereanomalien von mehr als 0,1 cm $\times$ sec^{-2}, wie sie im südlichen Tessin auftreten, nicht vorkommen. Anomalien von dieser Grösse sind nur verständlich, wenn den äusseren Teilen

der Erdrinde eine relativ hohe Festigkeit zugeschrieben wird; dann können aber die Gebirgsmassen nur innerhalb grösserer Flächen isostatisch ausgeglichen sein.

Dass durch die Untersuchung Hayfords und Bowies die Frage, ob lokale oder regionale Kompensation anzunehmen sei, nicht entschieden werden konnte, wird begreiflich, wenn man bedenkt, dass die Zahl der zur Untersuchung beigezogenen Stationen relativ klein ist, und dass diese überdies weit voneinander entfernt sind. Ein geeignetes Beobachtungsmaterial, die Beantwortung mit Aussicht auf Erfolg in Angriff zu nehmen, liegt in der Schweiz vor, dank den Schweremessungen der Schweiz. Geodätischen Kommission; es soll in der vorliegenden Arbeit zu diesem Zweck benützt werden.

Zur historischen Entwicklung dieser Aufgabe ist noch beizufügen, dass *G. R. Putnam* (1894) und *G. K. Gilbert* (1895) (20 u. 21) zum erstenmal Rechnungen durchführten, die zeigen sollten, dass der Massendefekt von einer ausgeglichenen Terrainform der äussern Massen abhängig sei. *Putnam* berechnete die mittlere Terrainhöhe aus Kreisflächen mit dem Radius 100 miles = 160,9 km; *Gilbert* aus solchen mit einem Radius von 30 miles. *Messerschmitt* (5) reduzierte 1897 die Ergebnisse der ersten Pendelmessungen in der Schweiz neben dem Faye'schen und Bouguerschen auch nach diesem, wie er sagt, „dritten" Reduktionsverfahren, indem er eine Ausgleichung der äusserern Massen innerhalb einer Kreisfläche von 20 km Radius vornahm.

II. Die mathematischen Grundlagen der Untersuchung.

Die Formeln, welche der Berechnung der isostatischen Reduktion zugrunde liegen, beruhen auf folgenden Vorstellungen. Den Voraussetzungen der Pratt'schen Hypothese gemäss ersetzen wir die wirkliche Erdoberfläche durch eine ausgeglichene Form und denken uns dann die innerhalb der ausgeglichenen Form vorhandenen Massen vertikal nach unten verschoben und gleichmässig über den Raum zwischen Meeresniveau und Ausgleichsfläche verteilt, indem wir annehmen, dass durch diese Massenverschiebung eine homogen geschichtete Erdrinde entstehe.

Das Meeresniveau ist dann allerdings nicht mehr eine Niveaufläche; doch können wir von der Verschiebung, welche das Meeresniveau erleidet, vorläufig absehen. Sämtliche an der Erdoberfläche beobachteten Schwerewerte denken wir uns dieser Fiktion entsprechend umgerechnet auf diejenigen Werte, welche man im Punkte Q (vergl. Fig. A) dicht über der freigelegten

Meeresfläche beobachtet hätte. Aus diesen Werten denken wir uns die isostatische Normalschwere γ_i im Meeresniveau durch eine Ausgleichung abgeleitet, welcher der Ansatz zugrunde liegt:

$$\gamma_i = \gamma_a(1 + b \sin^2 \varphi + \ldots\ldots);$$

γ_a und b sind Konstanten, φ die geographische Breite.

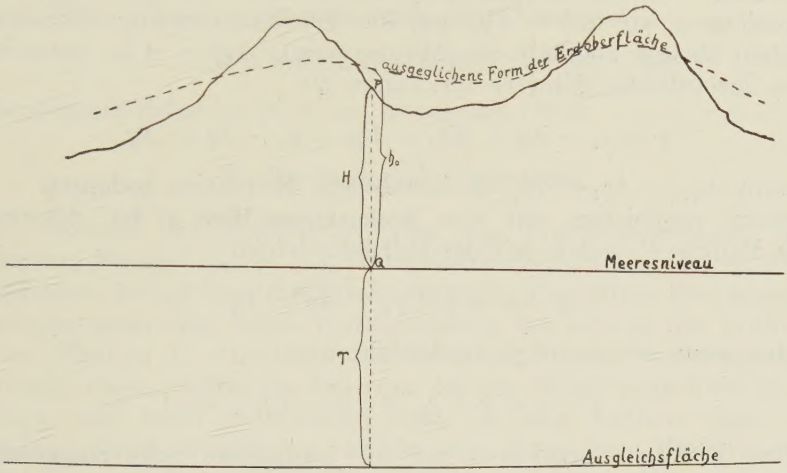


Fig. A

Diese isostatische Normalschwere ist allerdings nicht bekannt, einen ausreichenden Ersatz bietet aber die Formel für die theoretische Schwere γ_0 im Meeresniveau, die aus den beobachteten Werten abgeleitet wird, indem diese nur wegen der Änderung der Schwere in freier Luft auf das Meeresniveau reduziert werden. Wir nennen die so abgeleitete theoretische Schwere kurz die Faye'sche Normalschwere. Bei dieser Reduktion denkt man sich die äussern Massen auf das Meeresniveau kondensiert, aber nicht unterhalb des Meeresniveaus zur Ausgleichung des Defektes verschoben. Da zur Ableitung der Faye'schen Normalschwere nur die Schwerestationen des Flachlandes beigezogen, diejenigen der Gebirgsländer aber ausgeschlossen werden, so unterscheidet sich diese nur wenig von der isostatischen Normalschwere. Den Unterschied

$$\gamma_i - \gamma_0 = x_i$$

dürfen wir innerhalb eines Gebietes von der Ausdehnung der Schweiz als konstant ansehen und somit ist, da γ_0 bekannt ist, auch γ_i bis auf eine Konstante bekannt.

Um die isostatische Normalschwere mit den beobachteten Werten zu vergleichen, rechnen wir in folgender Weise:

Vom Punkte Q im Meeresniveau gehen wir über zum Punkte P in der Stationshöhe H, indem wir γ_i um die Änderung Δg der Schwere in freier Luft vermindern. Die Massenverteilung berücksichtigen wir durch die Anbringung zweier weiterer Reduktionsgrössen. Die Vertikalanziehung des Defektes auf den Punkt P bezeichnen wir mit $-\Delta g_c$ und die Vertikalanziehung der wirklichen Massen oberhalb des Meeresniveaus mit $+\Delta g_t$, dann ist die theoretische Schwere im Punkt P:

$$\gamma = \gamma_i - \Delta g + \Delta g_t - \Delta g_c = \gamma_i - \Delta g + \Delta g_i,$$

worin $\Delta g_i = \Delta g_t - \Delta g_c$ die isostatische Reduktion bedeutet. Damit vergleichen wir den **beobachteten Wert** g der Schwere im Punkte P, indem wir die Differenz bilden

$$g - \gamma \equiv g - \gamma_i + \Delta g - \Delta g_i$$

oder, wenn wir γ_i auf γ_0 zurückführen:

$$g - \gamma \equiv g - \gamma_0 + \Delta g - \Delta g_i - x_i.$$

Diese Differenz bezeichnen wir als **isostatische Schwereanomalie im Stationspunkt** P.

Zur Berechnung der einzelnen Glieder, die in der Differenz $g - \gamma$ auftreten, ist folgendes zu sagen:

1. Die theoretische Normalschwere.

Die theoretischen Schwerewerte γ_0 sind in den Veröffentlichungen der Schweiz. geodät. Kommission (13a—d) für alle Schwerestationen der Schweiz auf Grund der 1901 von *Helmert* aufgestellten Formel berechnet:

$$\gamma_0 = 978{,}030\,(1 + 0{,}005302 \sin^2 \varphi - 0{,}000007 \sin^2 2\,\varphi).$$

Wir behalten diese Werte bei und sehen davon ab, die neuere 1915 aufgestellte Formel Helmerts

$$\gamma_0 = 978{,}052\,(1 + 0{,}005285 \sin^2 \varphi - 0{,}000007 \sin^2 2\,\varphi)$$

anzuwenden. Der Unterschied zwischen beiden Formeln beträgt:

$$\gamma_0\,(1915) - \gamma_0\,(1901) = 978{,}720 - 978{,}707 = +\,0{,}013 \text{ für } \varphi = 46^0$$
$$= 980{,}810 - 880{,}797 = +\,0{,}013 \text{ für } \varphi = 47^0.$$

Die Differenz darf innerhalb des schweizerischen Gebietes als konstant betrachtet und mit dem ebenfalls konstanten Betrag x_i vereinigt werden; wir setzen

$$x = x_i + \gamma_0\,(1915) - \gamma_0\,(1901).$$

2. Die Reduktion auf das Meeresniveau in freier Luft.

Die Reduktion Δg wird nach dem Ausdruck

$$\Delta g = 0{,}3086\,H - 0{,}00072\,H^2 \text{ cm} \times \text{sec}^{-2}$$

berechnet; dabei ist H in km anzugeben (13a).

3. Die isostatische Reduktion.

Sowohl zur Berechnung von Δg_t (Vertikalanziehung der äussern Massen) als von Δg_c (kompensierende Wirkung des Massendefektes) zerlegt man die Erdoberfläche in Abschnitte, die begrenzt werden einerseits durch Vertikalebenen, die sich in der Lotlinie der Station P schneiden und anderseits durch konzentrische Kegel, deren Spitze im Zentrum der als Kugel gedachten Erde liegt, und deren gemeinsame Achse in diese Lotlinie fällt. In jedem dieser Abschnitte, welche die Form von Ringsektoren haben, sei h die wirkliche Terrainhöhe und h_0 die Höhe der ausgeglichenen Erdoberfläche. Von h hängt der Beitrag ab, den der einzelne Ringsektor zum Gesamtbetrag Δg_t liefert und von h_0 der Beitrag des einzelnen Ringsektors zur kompensierenden Wirkung Δg_c. Da h von h_0 verschieden ist, muss die Berechnung von Δg_t und Δg_c gesondert erfolgen.

Zur Berechnung des einzelnen Betrages wird sowohl von h als von h_0 ein Mittelwert in jedem Ringsektor angenommen. Damit dadurch kein merklicher Fehler entsteht, muss das Terrain in der Nähe der Station in relativ kleine Abschnitte zerlegt werden; mit zunehmender Entfernung von der Station kann man sie immer grösser werden lassen. Da sich die Höhen h_0 langsam ändern im Vergleich zur Änderung der wirklichen Höhen h, kann der Berechnung von Δg_c ein weitmaschigeres Netz zugrunde gelegt werden, als zur Berechnung von Δg_t erforderlich ist. In grösseren Entfernungen von der Station werden aber die Ringsektoren des Netzes zur Berechnung von Δg_t gleich gross oder grösser als der Querschnitt der Prismen, für welche die mittleren Höhen h_0 gelten. Von der Entfernung an, wo dies der Fall ist, braucht man nicht mehr zwischen der wirklichen Terrainhöhe h und der mittleren Höhe h_0 zu unterscheiden, und es wird sowohl der Bei-

trag, den die äussern Massen liefern, als der Beitrag der kompensierenden Massen eine Funktion derselben durchschnittlichen Höhe des Ringsektors. Es ist dann nicht mehr nötig, diese Beiträge gesondert zu berechnen; es kann vielmehr ihre Resultante als Funktion derselben Höhe des Ringsektors angegeben werden.

Es sei a_0 die Entfernung, gemessen längs eines Grosskreises vom Punkte Q (im Meeresniveau) aus, von welcher an die Unterscheidung zwischen h und h_0 nicht mehr nötig ist. Den Betrag von Δg_t resp. Δg_c, welchen die Massen innerhalb a_0 liefern, bezeichnen wir mit $\Delta g'_t$ resp. $\Delta g'_c$ und den Betrag der Massen ausserhalb a_0 mit $\Delta g''_t$ resp. $\Delta g''_c$; dann setzt sich die Summe von Δg_t und $-\Delta g_c$ aus folgenden Gliedern zusammen:

$$\Delta g_i = \Delta g_t - \Delta g_c = (\Delta g'_t - \Delta g'_c) + (\Delta g''_t - \Delta g''_c).$$

Da die letzten beiden Glieder nicht mehr gesondert berechnet werden, führen wir eine neue Bezeichnung ein:

$$\Delta g''_i = (\Delta g''_t - \Delta g''_c).$$

Wir erhalten somit:

$$\Delta g_i = \underbrace{(\Delta g'_t - \Delta g'_c)}_{\substack{\text{Massen innerhalb der Entfernung } a_0}} + \underbrace{\Delta g''_i}_{\text{Massen ausserhalb}}.$$

a) *Die Berechnung von* $\Delta g'_t$.

Liegen die Ringsektoren in der Nähe der Station, so darf man von der Berücksichtigung der Erdkrümmung absehen. Wir bezeichnen denjenigen Teil von $\Delta g'_t$, der unter Vernachlässigung der Erdkrümmung berechnet wird, mit $\overline{\Delta g'_t}$ und den mit Berücksichtigung der Erdkrümmung berechneten Teil mit $\Delta g'_t$, so dass:

$$\Delta g'_t = \overline{\Delta g'_t} + \Delta g'_t.$$

Wird keine grössere Genauigkeit als $\pm 1 \times 10^{-3}$ cm $\times$ sec^{-2} verlangt, so ist die Erdkrümmung erst von ca. 40 km an zu berücksichtigen; diese Grenzentfernung sei $\bar{a}$.

Um die beobachteten Schwerewerte vergleichbar zu machen, hat man früher das sogenannte Bouguer'sche Reduktionsverfahren benützt. Es besteht darin, dass man die beobachteten Werte von der Vertikalanziehung der Massen in der Umgebung der Station bis zur Entfernung $\bar{a}$ befreit und dann durch An-

bringung der Änderung in freier Luft auf das Meeresniveau reduziert. Die Vertikalanziehung der Nachbarmassen ist in den Veröffentlichungen der Schweiz. geodät. Kommission (13d) mit $-(\Delta g' + \Delta g'')$ bezeichnet. Um von diesen Werten zu den eben definierten Grössen $\Delta g_t'$ überzugehen, ist noch folgendes zu beachten. Die Vertikalanziehung $-(\Delta g' + \Delta g'')$ wird als Differenz zweier Grössen berechnet, von welchen die erste $-\Delta g'$ die Vertikalanziehung einer unendlich ausgedehnten, ebenen Platte von der Höhe H der Station darstellt, während die zweite $+\Delta g''$ die Abweichungen der Erdoberfläche von der ebenen Platte innerhalb der Entfernung $\bar{a}$ berücksichtigt. $\overline{\Delta g_t'}$ ist also nicht völlig identisch mit $-(\Delta g' + \Delta g'')$; die Wirkung der ebenen Platte ausserhalb der Entfernung $\bar{a}$ ist wieder abzuziehen. Die Identität wird hergestellt, wenn man noch die Differenz zwischen der Anziehung eines Kreiszylinders vom Radius $\bar{a}$ und der Höhe H auf den Mittelpunkt der Deckfläche und die Anziehung der ebenen Platte in Rechnung zieht; dieser Unterschied sei δ im Sinn „Zylinder minus Platte", es wird dann

$$\overline{\Delta g_t'} = -(\Delta g' - \Delta g'') + \delta$$

δ ist gegeben durch den Ausdruck:

$$\delta = -\frac{3\,\Theta}{2\,\Theta_m}\frac{g}{R}\left(\sqrt{\bar{a}^2 + H^2} - \bar{a}\right)$$

wo Θ_m die mittlere Erddichte bezeichnet (10).

Die numerischen Beträge von $\Delta g_t'$ hat *Niethammer* für alle schweizerischen Schwerestationen berechnet und zur Benützung in der vorliegenden Untersuchung zur Verfügung gestellt. Über das angewendete Rechnungsverfahren äussert er sich folgendermassen:

„Der einzelne Ringsektor sei begrenzt:

1. durch die Vertikalebenen, die sich in der Lotrichtung der Station P unter dem Winkel $\frac{2\pi}{n}$ schneiden;

2. durch 2 konzentrische Kugelflächen mit den Radien R und $R + h$;

3. durch 2 konzentrische Kegelflächen mit den Öffnungen ψ_1 und ψ_2, wobei $\psi_1 < \psi_2$.

Setzt man:

$$r' = R + H,$$
$$E^2 = r^2 + r'^2 - 2\,rr'\cos\psi,$$

$$J(\psi, H, h) = \int_{R}^{R+h} \frac{r^2}{r'^2} \frac{\partial E}{\partial r}\, dr,$$

so wird die Vertikalkomponente $\delta g'_t$ des einzelnen Ringsektors gegeben durch den Ausdruck

$$\delta g'_t = \frac{2\pi k^2 \Theta}{n} \Big\{ J(\psi_2, H, h) - J(\psi_1, H, h) \Big\},$$

und es ist

$$\Delta g'_t = \sum \delta g'_t,$$

wo die Summe über alle Zonen und Sektoren zu erstrecken ist.

Das Integral J lässt sich in geschlossener Form angeben (10). Einfacher gestaltet sich die Berechnung, wenn man das Integral durch numerische Quadratur auswertet. Das Resultat der numerischen Integration ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben; die Radien der Zonen sind dieselben wie in der Zoneneinteilung zur Berechnung von $\Delta g'_c$ (Seite 13).

Die direkte Verwendung dieser Tabelle ist nicht praktisch, weil die Funktionswerte aus zwei Argumenten H und h interpoliert werden müssen. Die Zahlen lassen sich aber leicht graphisch darstellen, wobei es genügt, nur noch die 5. Dezimale von g in cm $\times$ sec^{-2} beizubehalten (in der Tabelle also die zweite von 10^{-3} cm $\times$ sec^{-2})."

b) *Die Berechnung von* $\Delta g'_c$.

1. Die Definition der Dichte Θ_T des Defektes (oder ϑ_T des Überschusses) der Massen zwischen dem Meeresniveau und der Ausgleichsfläche in der Tiefe T:

Es sei h_0 die durchschnittliche Höhe der ausgeglichenen Terrainform, von welcher wir gemäss der Pratt'schen Hypothese die Dichte des Defektes oder Überschusses abhängen lassen. Nehmen wir den Querschnitt des Hohlkegelsektors im Meeresniveau zur Flächeneinheit und bezeichnen das Volumen der äussern, zwischen dem Meeresniveau und der Höhe h_0 enthaltenen Massen mit h'_0, so wird:

$$h'_0 = \frac{(R + h_0)^3 - R^3}{3\, R^2}.$$

Das Volumen T' der kompensierenden Massen zwischen Meeresniveau und Ausgleichsfläche wird analog:

$$T' = \frac{R^3 - (R - T)^3}{3\,(R-T)^2}.$$

Anziehung des Terrains von 42 bis 188 km.

Einheiten der 3. Dezimale von g in cm $\times$ sec^{-2} für $\Theta = 1$.

h \ H	0	800	1600	2400	3200
			42,0 bis 54,160 km		
800	− 0,005	+ 0,013	+ 0,031	+ 0,049	+ 0,066
1600	− 0,028	+ 0,008	+ 0,044	+ 0,079	+ 0,115
2400	− 0,068	− 0,015	+ 0,039	+ 0,092	+ 0,145
3200	− 0,127	− 0,055	+ 0,016	+ 0,087	+ 0,158
			54,160 km bis 69,858 km		
800	− 0,002	+ 0,012	+ 0,026	+ 0,040	+ 0,054
1600	− 0,017	+ 0,010	+ 0,038	+ 0,066	+ 0,093
2400	− 0,047	− 0,005	+ 0,036	+ 0,078	+ 0,119
3200	− 0,090	− 0,035	+ 0,020	+ 0,076	+ 0,131
			69,858 km bis 88,773 km		
800	+ 0,001	+ 0,011	+ 0,022	+ 0,032	+ 0,042
1600	− 0,008	+ 0,012	+ 0,033	+ 0,053	+ 0,073
2400	− 0,027	+ 0,003	+ 0,034	+ 0,064	+ 0,095
3200	− 0,057	− 0,016	+ 0,025	+ 0,066	+ 0,106
			88,773 km bis 112,484 km		
800	+ 0,004	+ 0,012	+ 0,020	+ 0,028	+ 0,036
1600	− 0,000	+ 0,016	+ 0,031	+ 0,047	+ 0,063
2400	− 0,012	+ 0,011	+ 0,035	+ 0,059	+ 0,083
3200	− 0,032	− 0,001	+ 0,031	+ 0,063	+ 0,095
			112,484 km bis 143,801 km		
800	+ 0,007	+ 0,014	+ 0,020	+ 0,026	+ 0,033
1600	+ 0,008	+ 0,020	+ 0,034	+ 0,046	+ 0,059
2400	+ 0,002	+ 0,021	+ 0,041	+ 0,060	+ 0,079
3200	− 0,011	+ 0,015	+ 0,041	+ 0,067	+ 0,093
			143,801 km bis 188,269 km		
800	+ 0,012	+ 0,017	+ 0,023	+ 0,028	+ 0,034
1600	+ 0,018	+ 0,029	+ 0,040	+ 0,051	+ 0,062
2400	+ 0,019	+ 0,036	+ 0,052	+ 0,068	+ 0,085
3200	+ 0,014	+ 0,036	+ 0,058	+ 0,080	+ 0,102

Wenn die Dichte der äussern Massen mit Θ_0 bezeichnet wird, so ist die Dichte des Defektes Θ_T durch folgende Näherungsformel gegeben (10):

$$\Theta_T = \frac{h'_0}{T''} \Theta_0.$$

Die Dichte ϑ_T des Überschusses lässt sich in derselben Form darstellen; hiezu ist nur nötig, sich den Raum, den die Meeresmassen einnehmen, mit Massen von der Dichte $+\vartheta_T$ und $-\vartheta_T$ ausgefüllt zu denken; die kompensierenden Massen gehen dann wieder von der Ausgleichsfläche bis zum Meeresniveau, und als Dichte der äussern Massen, d. h. der Massen im Meeresraum, ist einzuführen (11):

Dichte des Meerwassers minus Dichte des Überschusses ϑ_T.

2. Bezeichnet man die Vertikalanziehung, welche der Massendefekt oder Massenüberschuss innerhalb eines Hohlkegelsektors auf den Punkt P ausübt, mit $\mathfrak{A}_P$, so wird

$$\Delta g'_c = \Sigma \mathfrak{A}_P ,$$

wo die Summe über alle Sektoren und Zonen bis zur Entfernung a_0 zu erstrecken ist.

Die Berechnung lässt sich in relativ bequemer Weise durchführen, wenn man die Vertikalanziehung $\mathfrak{A}_P$ auf die Vertikalanziehung A^0_Q zurückführt, welche die Massen des Defektes oder Überschusses auf den Punkt Q im Meeresniveau ausüben, dabei den Einfluss der Erdkrümmung vernachlässigt und der Tiefe T einen bestimmten Wert T_0 beilegt. Diese Zurückführung setzt die Kenntnis von drei Faktoren voraus; sie sind mit F_0, f und Φ bezeichnet (10) und haben folgende Bedeutung.

Die Anziehung des Hohlkegelsektors auf den Punkt P resp. Q sei $\mathfrak{A}_P$ resp. $\mathfrak{A}_Q$, wenn man die Erdkrümmung in Rechnung zieht, dagegen A_P resp. A_Q, wenn man ihren Einfluss vernachlässigt. Die drei Faktoren sind wie folgt definiert:

$$\begin{aligned} \mathfrak{A}_P &= \Phi A_P \\ A_P &= (1 - f) A_Q \\ A_Q &= F_0 A^0_Q . \end{aligned}$$

Es wird dann:

$$\begin{aligned} \mathfrak{A}_P &= \Phi(1 + f) F_0 A^0_Q \\ &= F_0 A^0_Q + f F_0 A^0_Q + (\Phi - 1) F_0 A^0_Q + \\ &\qquad (\Phi - 1) F_0 f A^0_Q \end{aligned}$$

oder, da das letzte Glied vernachlässigt werden darf, weil sowohl $\Phi - 1$ als auch f klein ist:

$$\mathfrak{A}_P = F_0 A^0_Q + f F_0 A^0_Q + (\Phi - 1) F_0 A^0_Q$$

Die Zonen- und Sektorengrenzen kann man so wählen, dass

$$A_Q^0 = \frac{2\pi k^2}{n} \frac{a_2 - a_1 + \sqrt{a_1^2 + T_0^2} - \sqrt{a_2^2 + T_0^2}}{T_0} \Theta_0 \cdot h$$
$$= -h_0 \times 10^{-6} \text{ cm} \times \text{sec}^{-2}$$

wird, worin a_2 und a_1 die Radien der äussern und innern Grenzkreise einer Zone sind. Nimmt man in der Formel für die Konstanten folgende Zahlenwerte an:

$$n = 8,$$
$$\Theta_0 = 2{,}70,$$
$$T_0 = 120 \text{ km},$$
$$R = 6371 \text{ km},$$

und setzt man die Konstante der allgemeinen Massenanziehung gleich

$$k^2 = 6656 \times 10^{-11} \text{ CGS-Einheiten}^1),$$

so ergibt sich das folgende Zonensystem:

Zone	Radien in km
	0,000
I	
	8,825
II	
	18,405
III	
	28,944
IV	
	40,726
V	
	54,160
VI	
	69,858
VII	
	88,773
VIII	
	112,484
IX	
	143,801
X	
	188,269

[1]) Die Abweichung dieses Wertes von dem heute als besser angenommenen Wert $k^2 = 6666 \times 10^{-11}$ ist ohne Bedeutung; wenn man den Unterschied auf die Dichte Θ_0 überträgt, so hat man diese um 0,004 zu vermindern.

Die numerischen Werte der Koeffizienten F_0, $f \times F_0$, $(\Phi - 1) F_0$ sind von *Niethammer* berechnet worden, wobei er angenommen hat, dass $\Phi = \frac{\mathfrak{A}_P}{A_P}$ und $\Phi_0 = \frac{\mathfrak{A}_Q}{A_Q}$ als numerisch identisch angesehen werden dürfen. In der vorliegenden Untersuchung benützen wir die in den Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel 1917 (10) gegebene Zusammenstellung dieser Werte.

c) *Berechnung von* $\Delta g_i''$.

$\Delta g_i''$ bedeutet die Resultante aus den beiden Vertikalkomponenten, welche die mehr als 188,27 km entfernten Massen über dem Meeresniveau [resp. die „äussern Massen" im Meeresraum (nach Definition Seite 12 oben)] einerseits und der Massendefekt (resp. Massenüberschuss) anderseits im Stationspunkt P liefern. In diesem Fall gilt nachstehende Formel (10):

$$\Delta g_i'' = \sum \frac{2\pi k^2}{n} \left[\beta_0 - \frac{\alpha_0}{T''}\right]_{\psi_1}^{\psi_2} \times \Theta_0 \times h.$$

Sie enthält zwei Voraussetzungen.

1. Die Resultante sei im Stationspunkt P gleich gross wie im Punkt Q im Meeresniveau.

2. Der Einfluss der äussern Massen h bleibe derselbe, wenn diese auf das Meeresniveau kondensiert werden[1]). Die Sektoren- und Zoneneinteilung hat *Niethammer* wieder so gewählt, dass

$$\frac{2\pi k^2}{n} \left[\beta_0 - \frac{\alpha_0}{T''}\right]_{\psi_1}^{\psi_2} \times \Theta_0 \times h = h \times 10^{-x}\,\mathrm{cm} \times \mathrm{sec}^{-2}$$

wurde. n gibt die Zahl der Sektoren, ψ_1 und ψ_2 die Zonengrenzen an (10). Die neue Zoneneinteilung wurde mit arabischen Ziffern 1 bis 11 bezeichnet, wobei Zone 11 an die Zone X anschliesst. Die Summe der mittleren Höhen in diesem weitmaschigen Netz über alle Sektoren und Zonen liefert $\Delta g_i''$.

Der äussere Radius der Zone X entspricht also dem weiter oben definierten a_0 (Seite 8 Mitte). In unserer Rechnung beträgt a_0 ca. 188 km. Es ist noch zu zeigen, dass die Ringsektoren in Zone 11 grösser sind als die Fläche 128×128 km^2 (das ist die Grundfläche A für die grösste Terrainausgleichung in dieser Untersuchung). Die Zone 11 erstreckt sich über rund $1^0\,49'$, das sind etwas mehr als 200 km; die mittlere Bogenlänge in einem Sektor

[1]) Über die Grösse der Fehler, die durch diese Vereinfachungen entstehen, berichtet *Niethammer* (11) und berücksichtigt sie mit Hilfe seiner Tabelle auf der letzten Seite.

dieser Zone beträgt ungefähr 100 km. So ergibt der Vergleich der beiden Flächen

$$20{,}000\ \text{km}^2 > 128 \times 128\ \text{km}^2 = 16{,}384\ \text{km}^2.$$

Damit ist erwiesen, dass auch für die weitern beiden Terrainausgleichungen über den Grundflächen $A = 64 \times 64$ und $A = 128 \times 128\ \text{km}^2$ ausserhalb der Zone X die Resultante aus den Vertikalkomponenten der äussern Massen $\Delta g_t''$ und des Massendefektes $\Delta g_r''$ genommen werden darf; das ist $\Delta g_i''$, unveränderlich für alle 3 Ausgleichungen ($A_8 = 8 \times 8$; $A_{64} = 64 \times 64$; $A_{128} = 128 \times 128\ \text{km}^2$).

III. Die rechnerische Durchführung.

1. Die Karten mittlerer Höhen.

Eine erste Berechnung der isostatischen Schwereanomalien hat *Niethammer* durchgeführt (10 u. 14). Die Einzelheiten der Berechnung sind bisher nicht veröffentlicht worden. Ihre Grundlage bildet eine Karte mittlerer Höhen, welche die Schweiz und ihre angrenzenden Gebiete umfasst (10); diese Höhen beziehen sich auf quadratische Flächen von $8 \times 8\ \text{km}^2 = A_8$. Die quadratische Form ist aus praktischen Gründen gewählt worden; sie gestattet, leicht zu grösseren Flächen, d. h. zu stärker ausgeglichenen mittleren Höhen überzugehen.

Das Zahlenmaterial, das zur Konstruktion dieser Karte verwendet worden ist, bildet die Grundlage der vorliegenden Untersuchung; es ist zur Konstruktion zweier neuen Karten mittlerer Höhen benützt worden. Die erste dieser Karten (vergl. Tafel I) gibt die ausgeglichene Terrainform für mittlere Höhen aus Flächen von $64 \times 64\ \text{km}^2 = A_{64}$, die zweite (Tafel II) für mittlere Höhen aus Flächen von $128 \times 128\ \text{km}^2 = A_{128}$. Die Grösse dieser beiden Flächen ist mehr oder weniger willkürlich angesetzt; der Verlauf der Bouguer'schen Schwereanomalien macht es indessen nicht wahrscheinlich, dass noch grössere Flächen in Betracht gezogen werden müssen, um eine Entscheidung zwischen lokaler und regionaler Kompensation zu treffen, denn die grössten, negativen Bouguer'schen Anomalien fallen ungefähr auf die zentrale Linie der Alpen, von welcher der Nord- und Südfuss rund 80 km entfernt sind.

Zur Konstruktion der Karten mittlerer Höhen über Flächen von 64 × 64 km² und 128 × 128 km².

a) *Die Karte für A = 64 × 64 km²* (Tafel I).

Die mittleren Höhen für diese Karte wurden aus den mittleren Höhen über der Fläche $A = 8 \times 8$ km² berechnet. Das Mittel aus 4 Höhenwerten in 4 angrenzenden Quadraten (Seitenlänge 8 km) gab die mittlere Höhe über einer Grundfläche von 16 × 16 km², eine zweite Rechnung nach diesem Schema führte zu mittleren Höhen über der Grundfläche 32 × 32 km² und schliesslich lieferte die dritte Rechnung die mittleren Höhen in Quadraten von der Ausdehnung 64 × 64 km². Wären wir bei der Rechnung so vorgegangen, dass bei der Mittelbildung jeder Zahlenwert nur einmal gebraucht wird, so hätten wir bei jeder Rechnung die Anzahl der Höhenwerte um ¼ vermindert; wenn die Anzahl bei $A = 8 \times 8$ km² n war, so blieben für $A = 64 \times 64$ km² noch $\frac{n}{4^3} = \frac{n}{64}$ übrig. Um die grosse Verminderung der Höhenpunkte zu vermeiden, überdecken sich die Grundflächen teilweise, so dass entsprechende Ränder von benachbarten Grundflächen 16 km voneinander entfernt sind. Die Zahlenwerte sind jeweils dem Mittelpunkte der Grundfläche zugeschrieben.

Über die Ausdehnung des berechneten Gebietes ist, verglichen mit der schweizerischen Schulwandkarte (S. S.), die das erste Zahlenmaterial für die mittleren Höhen über 8 × 8 km² in der Schweiz lieferte, folgendes zu sagen: In der Nordsüdrichtung liegt die westlichste Zahlenreihe 144 km vom westlichen Rand der S. S. entfernt, die östliche Zahlenreihe 528 km vom Westrand oder 144 km vom Ostrand der S. S.; im ganzen können wir also 43 Nordsüdprofile konstruieren. — In der Westostrichtung liegt die südlichste Zahlenreihe 240 km, die nördlichste 384 km vom Südrand oder letztere 144 km vom Nordrand der S. S. entfernt, so dass in der Westostrichtung 40 Profile konstruiert werden können. Allerdings bilden diese Höhenpunkte kein geschlossenes Rechteck; in den Ecken fehlen die Zahlen, was ohne Bedeutung ist, da sie später bei der Verwendung der Karten doch nicht gebraucht werden.

Bei der Kartenkonstruktion wurden also die 43 Profile in der Nordsüdrichtung über Grundlinien gezeichnet, die im Kartenmasstab 1 : 1 Mill. einen Abstand von 16 km = 16 mm hatten. Auf diesen Grundlinien sind die Punkte eingestochen, bei denen das Profil senkrecht darüber einem Vielfachen von 100 m entsprach. Nach denselben Überlegungen sind auch die 40 Westost-

profile konstruiert worden. Alle eingestochenen Punkte mit den gleichen Höhenwerten wurden schliesslich durch Kurvenzüge verbunden. Wir haben diese Karte, die auf Millimeterpapier konstruiert war, im gleichen Masstab auf einen weissen Papierbogen übertragen, nachdem wir vorher mit einem Koordinatographen ein Hilfsnetz gezeichnet hatten. Ein geschulter Zeichner zog die Kurven mit schwarzem Tusch aus. Die Zahlen, die einzelne Kurven bezeichnen, sind Hektometer. Die Kurven, die ein Vielfaches von 100 m darstellen, sind dünngezogene Linien; die Tausenderkurven treten durch die dick ausgezogenen Linien hervor, die 500 Kurven sind dicke, unterbrochene Linien, und an den Stellen, wo das Gelände sehr flach ist, sind noch die 50 m-Kurven als dünne, unterbrochene Linien sichtbar.

Wir können auf dieser Karte mit der ausgeglichenen Oberfläche noch deutlich den Zug der Alpen erkennen, die im Montblanc-, Monte Rosa- und Ortlergebiet immer noch mit 2200 m herausragen. Im Gegensatz zur Karte für $A = 8 \times 8$ km² (10) fehlen alle Details. Vom schweizerischen Teil des Rhonetales ist keine Spur mehr vorhanden, ebensowenig vom Rheintal in den Alpen. Auch das schweizerische Mittelland kommt kaum mehr zur Geltung mit Ausnahme der Umgebung des Bodensees. Ganz schwach löst sich der Jura von den Alpen. Während er auf der Karte der mittleren Höhen über 8×8 km² noch 1200 m Höhe aufweist, hat er bei der Ausgleichung über 64×64 km² nur noch eine Höhe von 800 m. Immerhin treten einige grosse Landschaftszüge wie Vogesen und Schwarzwald mit der oberrheinischen Tiefebene, im W das Rhone-Saônegebiet und im SE die Poebene und der Apennin noch deutlich hervor.

b) *Die Karte für $A = 128 \times 128$ km²* (Tafel II).

Das arithmetische Mittel aus den mittleren Höhen von je vier angrenzenden Grundflächen aus der Zahlentabelle für $A = 64 \times 64$ km² lieferte die mittleren Höhen in einem Quadrat von der Ausdehnung $A = 128 \times 128$ km². Abgesehen von den Zahlengrössen gelten die gleichen Ausführungen wie bei der Kartenkonstruktion für $A = 64 \times 64$ km². Die Profilgrundlinien liegen wieder 16 km auseinander. Die Anzahl der Profile ist in der NS- wie auch WE-Richtung um 4 vermindert, so dass es nur noch 39 resp. 36 sind. Das westlichste Profil liegt noch 112 km vom Westrand, das östlichste ebenfalls 112 km vom Ostrand der S. S. entfernt; das südlichste 208 km vom Süd-, das nördlichste 112 km vom Nordrand. Zur Karte selbst: Das Bild hat sich wesentlich verändert. Die höchsten Höhen im Alpengebiet sind noch 1800 m

im westlichen und fast 2000 m im östlichen Teil. Von Mittelland und Jura, Vogesen und Schwarzwald kaum eine Spur, nur durch das Aus- und Einbuchten der Kurven sind ursprüngliche Gebirge und Senken noch angedeutet. Immerhin sind Rhone- und Saônegebiet im Westen, die Poebene und der Apennin im Südosten noch deutlich zu erkennen.

2. Berechnung der numerischen Werte der isostatischen Schwereanomalien.

Die im Ausdruck von

$$g - \gamma = g - \gamma_0 + \Delta g - (\Delta g_t' - \Delta g_c') - \Delta g_i'' - x_i$$

auftretenden Glieder $g - \gamma_0$ und Δg werden unverändert den Veröffentlichungen der Schweiz. geodät. Kommission (13a—d) entnommen. Die numerischen Werte von $\Delta g_t'$ hat *Niethammer* nach dem Seite 8ff. dargelegten Verfahren für alle schweizerischen Stationen berechnet und zur Verfügung gestellt. Der Anteil $\Delta \overset{\circ}{g}_t'$ der Massen von $\bar{a} = 42$ km an wurde auf Grund der mittleren Höhen h_0 für $A = 8 \times 8$ km² berechnet; da von dieser Entfernung an die Fläche eines Ringsektors grösser als 8×8 km² ist, kann durch die Benützung einer durchschnittlichen Höhe des Ringsektors, die auf Grund der mittleren Höhe h_0 anstelle der wirklichen Höhe h abgeleitet wird, kein merklicher Fehler entstehen.

Auch die Beträge von $\Delta g_i''$ hat schon *Niethammer* für alle Schwerestationen nach dem Seite 14ff. dargelegten Verfahren ermittelt; sie konnten ebenfalls unverändert übernommen werden.

Es bleibt somit als hauptsächlichste Rechnungsarbeit der vorliegenden Untersuchung die Aufgabe, die Beträge von $\Delta g_c'$ abzuleiten, das ist die kompensierende Wirkung des Defektes unterhalb den schweizerischen Gebirgsmassen bis zur Entfernung $a_0 = 188$ km, unter Zugrundelegung der beiden Karten mittlerer Höhen. Wie aus den Darlegungen auf Seite 12 und 13 hervorgeht, handelt es sich darum, A_Q^0, d. h. die durchschnittlichen Höhen in den Ringsektoren abzulesen; ihre Summe über alle Zonen und Sektoren stellt den Wert von $\Delta g_c'$ für die Tiefe $T_0 = 120$ km dar, unter der Voraussetzung, dass sich der Stationspunkt im Meeresniveau befinde und die Erdkrümmung vernachlässigt wird. Durch Multiplikation der einzelnen Zonensummen mit den entsprechenden Faktoren F_0, $F_0 f$, und $(\Phi - 1) F_0$ kann man zum Wert von $\Delta g_c'$ übergehen, der für einen Stationspunkt

in der Höhe H bei einer beliebigen Tiefe T der Ausgleichsfläche unter Berücksichtigung der Erdkrümmung gilt.

Niethammer hat bei seiner ersten Ableitung der isostatischen Anomalien auf Grund der mittleren Höhen über $A = 8 \times 8$ km² die eben skizzierte Rechnung für jeden Stationspunkt ausgeführt. Der Verlauf der ausgeglichenen Terrainfläche ist hier nicht so ruhig, dass es genügt hätte, nur für einen Teil der Punkte die genauen Werte von $\Delta g_c'$ zu bestimmen und daraus die Werte der übrigen Punkte durch Interpolation abzuleiten. Die neuen Karten für $A = 64 \times 64$ km² und $A = 128 \times 128$ km² zeigen ein viel regelmässigeres Kurvenbild, so dass es möglich ist und im Interesse der Erleichterung und Beschleunigung der Rechnungsarbeiten angezeigt erscheint, vom Hilfsmittel der Interpolation ausgiebigen Gebrauch zu machen. Im einzelnen ist folgendermassen verfahren worden.

a) *Rechnung auf Grund der mittleren Höhen für $A = 64 \times 64$ km².*

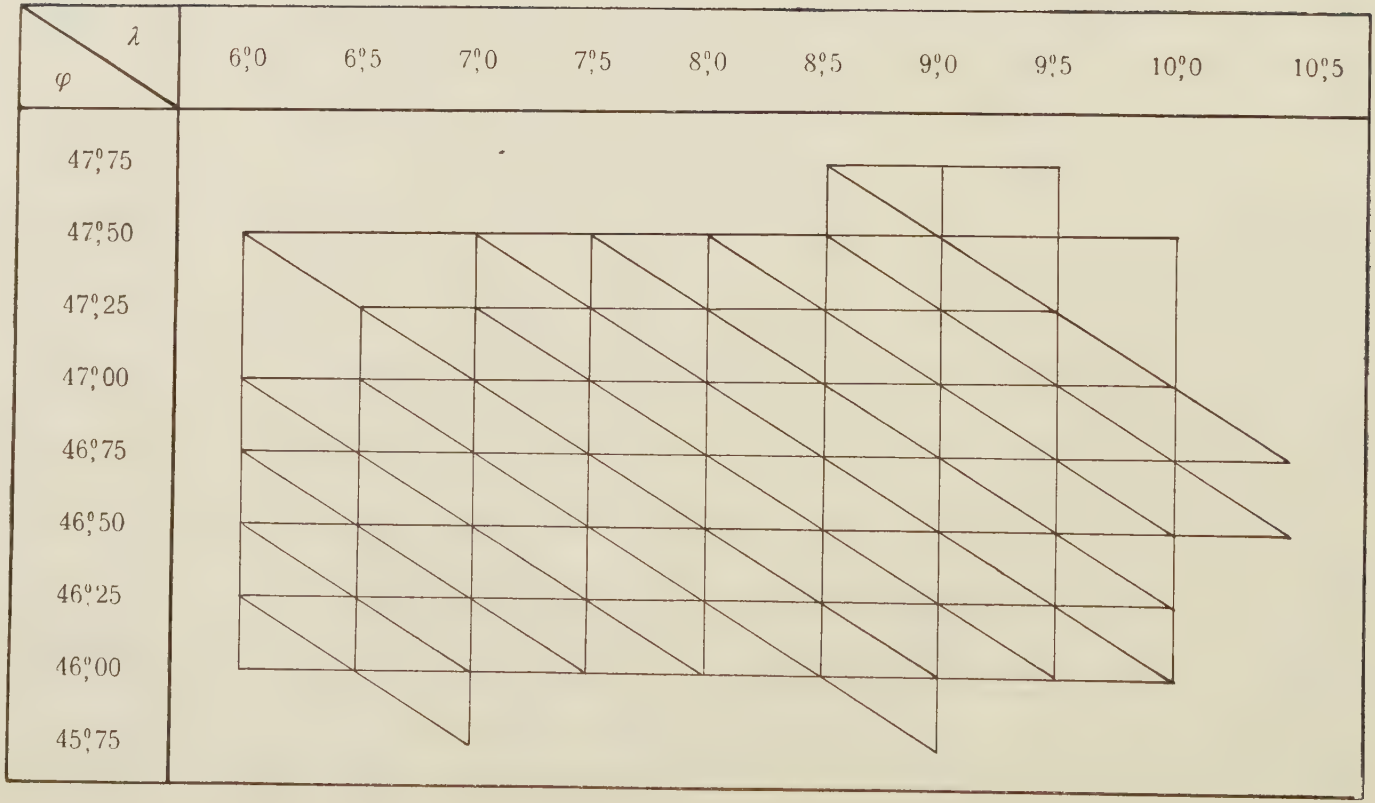
Die durchschnittlichen Höhen h_0 der einzelnen Ringsektoren sind im allgemeinen[1]) nicht mehr für die Stationspunkte selber bestimmt worden, sondern für folgende, in Breite φ und Länge λ östlich Greenwich, regelmässig verteilte Punkte des Gradnetzes (siehe Seite 20).

Dies sind insgesamt 67 Punkte. (Die Verbindungslinien deuten die Richtungen der Hilfsprofile an, von denen auf Seite 21 die Rede sein wird.) Das zum einzelnen Punkt gehörige Zahlenmaterial besteht aus 10×8 Höhenzahlen (10 = Zahl der Zonen, 8 = Zahl der Sektoren.) In den kleinen Ringsektoren in der Nähe der Station beruhen sie auf der direkten Schätzung der durchschnittlichen Höhe und haben eine Genauigkeit von ca. $\pm$ 50 m. Die entfernten Ringsektoren wurden in kleine Abschnitte zerlegt; die durchschnittlichen, abgeschätzten Höhen der einzelnen Abschnitte sind gemittelt worden. Es stellt also die Summe der 80 Höhen den Wert von $\Delta g_c' \times 10^6$ dar für $T = 120$ km, $H = 0$ und Erdkrümmung vernachlässigt. Es haftet ihm durchschnittlich eine Unsicherheit von $\pm 50 \times \sqrt{80} \times 10^{-6} = \pm 0{,}5 \times 10^{-3}$ cm/sec² an.

Berechnung von $\Sigma F_0 A_Q^0$:

Um zunächst die Werte, welche $\Sigma F_0 A_Q^0$ in den einzelnen Stationspunkten annimmt, abzuleiten, ist folgendermassen verfahren worden:

[1]) Sta. Maria im Münstertal und Martinsbruck sind gesondert berechnet worden, um eine unsichere Extrapolation zu vermeiden.


λ
φ
6°,0
6°,5
7°,0
7°,5
8°,0
8°,5
9°,0
9°,5
10°,0
10°,5
47°,75
47°,50
47°,25
47°,00
46°,75
46°,50
46°,25
46°,00
45°,75

Für $T = T_0 = 120$ km ist $F_0 = 1$, also $\Sigma F_0 A_Q^0 = \Sigma A_Q^0$ und $\Sigma A_Q^0 = \Sigma h_0 \cdot 10^{-6}$.

Nachdem h_0 in den 67 Netzpunkten für alle 10 Zonen abgeschätzt und summiert war, wurden die Werte $\Sigma F_0 A_Q^0$ für $T = 80$ km und für $T = 160$ km berechnet. Für beide Tiefenannahmen ist der Weg zum Resultat derselbe; es genügt, ihn für eine Tiefe, z. B. für $T = 80$ km, zu skizzieren:

F_0, das mit der Tiefe T und der Entfernung der Zone variiert, konnte aus einer Tabelle von *Niethammer* (10) abgelesen werden. (F_0 ist auch in dieser Arbeit im Zahlenbeispiel von *Truns* angegeben.) So ist z. B. F_0 in der Zone I für $T = 80$ km 1,4716; mit dieser Zahl mussten also alle A_Q^0-Werte der Gradnetzpunkte der Zone I multipliziert werden, um $F_0 A_Q^0$ in der Zone I für $T = 80$ km zu erhalten. In gleicher Weise sind die Werte $F_0 A_Q^0$ für die übrigen Zonen berechnet worden. So erhalten wir 10 Zahlentabellen mit je 67 Zahlen. Für jeden Netzpunkt sind seine 10 Zonenwerte zusammenzuzählen, und die Summe gibt $\Sigma F_0 A_Q^0$ für $T = 80$ km in den Schnittpunkten des Gradnetzes. Aus diesen Grössen mussten die Werte $\Sigma F_0 A_Q^0$ für die Stationspunkte interpoliert werden. Dies geschah nach der graphischen Methode mit Hilfe einer Karte. Die Konstruktion der Karte wurde wieder mit Hilfsprofilen ausgeführt. Die Darstellung der 67 Gradnetzpunkte (Seite 20) gibt mittels der Verbindungslinien die Richtungen der Hilfsprofile an: N–S, W–E und NW–SE. In die Karte sind dann die Punkte auf den Profilgrundlinien eingetragen worden, deren Wert $\Sigma F_0 A_Q^0 \times 10^{-3}$ ein Vielfaches von 5 ausmachte. Alle Punkte mit den gleichen Zahlengrössen von $\Sigma F_0 A_Q^0$ sind durch eine Kurve miteinander verbunden und die zwischen den Kurven liegenden Stationswerte im allgemeinen linear interpoliert worden. In analoger Weise entstanden die Karten $\Sigma F_0 A_Q^0$ für $T = 160$ und für $T = 120$ km.

Die so abgeleiteten Stationswerte $\Sigma F_0 A_Q^0$ beziehen sich auf den Punkt Q im Meeresniveau; die Stationshöhe und die Erdkrümmung sind noch nicht berücksichtigt. Sowohl der Einfluss der Stationshöhe $\Sigma F_0 f A_Q^0$ als die Berechnung der Erdkrümmung $\Sigma(\Phi - 1) F_0 A_Q^0$ gehen in Form von Korrektionen in die Rechnung ein.

Korrektion wegen Stationshöhe und Erdkrümmung.

Da die Korrektion wegen der Stationshöhe $\Sigma F_0 f A_Q^0$ nicht mehr für die Gradnetzpunkte gerechnet werden konnte, wurden beide Korrektionen für eine Auswahl von 70 Stationen berechnet,

die in den Alpen dichter verteilt sind als im Jura und Mittelland. (Sie sind im Stationenverzeichnis (Seite 26ff.) durch ein Kreuz × hinter der Station bezeichnet.) Aus diesen 70 Stationswerten sind die Korrektionen für die übrigen Stationen graphisch interpoliert worden. Im einzelnen lässt sich der Rechnungsgang wie folgt beschreiben.

Die Summen von A_Q^0, genommen über die 8 Sektoren in den einzelnen Zonen, wurden in Schweizerkarten 1 : 1 Mill. graphisch dargestellt. So bekommt man entsprechend den 10 Zonen 10 Karten. Aus diesen 10 Karten sind die Zahlenwerte in den 70 ausgewählten Stationen abgelesen worden. Summiert man diese über alle Zonen, so erhält man wieder den Stationswert ΣA_Q^0 (Seite 21 oben), welcher mit dem schon bekannten Wert verglichen werden kann. (Die durchschnittliche Abweichung zwischen diesen beiden Werten ist $0{,}5 \times 10^{-3}$.)

Jetzt müssen die A_Q^0-Werte der 70 Stationen in den einzelnen Zonen mit den Faktoren $F_0 f$ multipliziert werden, die von *Niethammer* für die 10 Zonen, die verschiedenen Tiefenannahmen T und für die Höhen 200 m, 400 m bis 3000 m gerechnet und in Tabellen zusammengestellt sind (10). Aus diesen hat *Niethammer* die Faktoren für die schweizerischen Schwerestationen in seiner Rechnung interpoliert und aufgeschrieben, woraus sie für die beiden weiteren Ausgleichungen übernommen worden waren. So ist z. B. für Basel folgendermassen gerechnet worden: A_Q^0 der Zone I wurde der Reihe nach mit $F_0 f$ der Zone I für $T = 80$ km, dann für $T = 120$ km und schliesslich für $T = 160$ km multipliziert; A_Q^0 der Zone II mit $F_0 f$ der Zone II für die 3 Tiefenannahmen, usw. bis und mit Zone X und dies für alle 70 Stationen. Dann wurde $\Sigma F_0 f A_Q^0$ (summiert über alle 10 Zonen) durch Kurven gleichen Betrages graphisch dargestellt, so dass die Korrektionen der übrigen Stationen interpoliert werden konnten; sie erreichen im Maximum einen Betrag von 2×10^{-3} cm × sec^{-2}. Als Kontrolle wurde noch ein zweites Verfahren angewendet; es besteht darin, die Differenzen $\Sigma F_0 f A_Q^0$ (8 × 8) minus $\Sigma F_0 f A_Q^0$ (64 × 64) graphisch darzustellen. Die Ablesungen geschahen so, dass die nach den beiden Rechnungsverfahren hergestellten Karten miteinander verglichen wurden; diejenigen Werte werden als die genaueren angesehen und in die Rechnung übernommen, welche die kleinere Änderung zeigen.

In ähnlicher Weise ist die Korrektion wegen der Erdkrümmung $\Sigma(\Phi - 1) F_0 A_Q^0$ abgeleitet worden. Eine Vereinfachung gegenüber der Berechnung der Höhenkorrektion tritt hier insofern ein,

als der Reduktionsfaktor $(\Phi - 1)F_0$ für die verschiedenen Annahmen von T ohne erheblichen Fehler mit dem gleichen Betrag in die Berechnung eingeführt werden darf, nämlich mit dem mittleren Betrag für $T = T_0 = 120$ km. So ist die Zonensumme der 70 Stationen mit dem entsprechenden Wert von $(\Phi - 1)F_0$ multipliziert, die Produkte über die 10 Zonen summiert, die Summe kartographisch dargestellt und daraus die Korrektionen der übrigen Stationen abgelesen worden. Wie für die Korrektionen der Stationshöhe ist auch hier eine Ergänzungskarte mit den Differenzen $\Sigma(\Phi - 1)F_0 A_Q^0$ (8×8) minus $\Sigma(\Phi - 1)F_0 A_Q^0$ (64×64) hergestellt und aus beiden Karten die Korrektionen für die Stationen interpoliert worden.

Nachdem auf dem beschriebenen Weg die Beträge von $\Sigma F_0 A_Q^0$, $\Sigma F_0 f A_Q^0$ und $\Sigma(\Phi - 1)F_0 A_Q^0$ für jede der drei Annahmen $T = 80$, 120 und 160 km und damit auch die Beträge von $\Delta g_c'$, das ist ihre Summe, ermittelt waren, handelte es sich nun noch darum, auch die für $T = 100$ und 140 km gültigen Werte abzuleiten; das ist durch numerische oder graphische Interpolation geschehen. Von der numerischen Interpolation ist in allen Fällen Gebrauch gemacht worden, wo die zweite Differenz $\Delta^2 u$ der Funktionswerte

$$\Delta^2 u = \Delta g_c'(80) + \Delta g_c'(160) - 2\,\Delta g_c'(120)$$

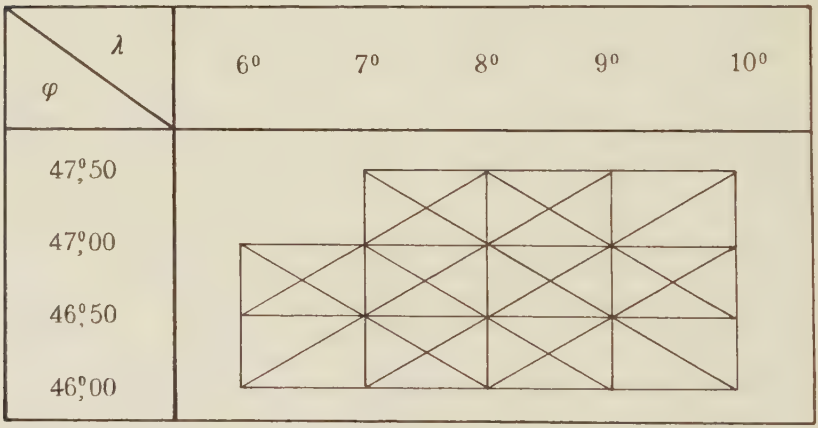
dem absoluten Betrag nach kleiner als 6×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2} geblieben ist; war $|\Delta^2 u| > 6 \times 10^{-3}$ cm $\times$ sec^{-2}, so wurde die graphische Interpolation angewendet.

Zahlenbeispiel für Truns: $\lambda = 9^0$; $\varphi = 46^0\,45'$.

$h_0 = A_Q^0$			F_0		fF_0			$(\Phi-1)F_0$
8×8	64×64	128×128	80	160	80	120	160	
14,80	14,44	12,32	1,4716	0,7572	− 143,3	− 95,9	− 71,9	0,0144
15,90	14,24	12,30	1,4072	0,7736	− 1,0	− 1,7	− 1,5	0,0139
14,85	13,76	12,20	1,3329	0,7938	+ 3,9	+ 0,7	0,0	0,0112
13,38	13,03	12,00	1,2506	0,8185	6,7	2,0	0,8	0,0110
11,95	12,18	11,50	1,1637	0,8485	8,9	3,2	1,5	0,0121
11,05	11,25	11,00	1,0762	0,8850	10,8	4,5	2,2	0,0138
10,32	10,33	10,25	0,9920	0,9284	12,2	5,9	3,1	0,0188
9,29	9,56	9,50	0,9143	0,9798	13,1	7,4	4,2	0,0240
8,72	8,69	8,45	0,8456	1,0388	13,7	8,9	5,6	0,0336
6,67	7,05	7,18	0,7876	1,1046	14,0	10,3	7,2	0,0492

	$A = 8 \times 8$ km²			$A = 64 \times 64$ km²			$A = 128 \times 128$ km²		
	80	120	160	80	120	160	80	120	160
$\Sigma F_0 A_Q^0$:	137,8	116,9	101,3	133,9	114,6	99,7	123,6	106,7	93,4
$\Sigma f F_0 A_Q^0$:	− 1,3	− 1,0	− 0,9	− 1,2	− 0,9	− 0,8	− 1,0	− 0,8	− 0,7
$\Sigma(\Phi - 1) F_0 A_Q^0$:	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$\Delta g_c'$	138,6	118,0	102,5	134,7	115,7	100,9	124,6	107,9	94,7
$\Delta g_c'$	127,6		109,6	124,7		107,8	115,8		100,9
für $T =$	100		140	100		140	100		140

b) Die Berechnung auf Grund der mittleren Höhen für $A = 128 \times 128$ km² ist im grossen und ganzen in analoger Weise durchgeführt worden wie für $A = 64 \times 64$ km²; doch gestattete der regelmässigere Verlauf der Höhenkurven wesentliche Vereinfachungen. Zunächst sind die durchschnittlichen Höhen in den einzelnen Ringsektoren nur noch für die folgenden 19 Punkte abgelesen worden.



Auch hier mussten wie im vorhergehenden Fall die Werte von $\Sigma F_0 A_Q^0$ für $T = 80$, 120 und 160 km ermittelt werden. Es gelten auch hier die Beziehungen wie $\Sigma F_0 A_Q^0 = \Sigma A_Q^0 = \Sigma h_0 \times 10^{-6}$ für $T = 120$ km. So mussten die mittleren Höhen in den 8 Sektoren der einzelnen Zonen zusammengezählt und über alle 10 Zonen summiert werden (was für einen Netzpunkt

wieder $10 \times 8 = 80$ Summanden bedeutet), um $\Sigma F_0 A_Q^0$ für $T = 120$ km zu erhalten. Durch Multiplikation der einzelnen Zonensumme mit dem entsprechenden Faktor F_0 ergab die Summe über die 10 Zonen $\Sigma F_0 A_Q^0$ für $T = 80$ km und $T = 160$ km. Zur Interpolation der Werte $\Sigma F_0 A_Q^0$ auf die Stationen sind wie im früheren Beispiel (Seite 21) 3 Karten hergestellt und aus diesen die Stationswerte interpoliert worden. Dann brachten wir in analoger Weise die Korrektionen wegen Stationshöhe $\Sigma F_0 f A_Q^0$ und wegen der Erdkrümmung $\Sigma(\Phi - 1) F_0 A_Q^0$ an, so dass die Summe $\Delta g_c'$ für $A = 128 \times 128$ km^2 und für die 3 Tiefenannahmen $T = 80$, 120 und 160 km bekannt war. Der Unterschied des ganzen Rechnungsverlaufes zwischen dieser dritten Ausgleichung und der zweiten für $A = 64 \times 64$ km^2 bestand in der kleineren Anzahl von Netzpunkten und Stationen, von denen aus auf die übrigen Stationen interpoliert worden war. Statt 67 Gradnetzpunkten genügten schon 19 für die Rechnung, und als Grundlage für die Korrektionen der Stationshöhe und der Erdkrümmung brauchten wir an Stelle von 70 nur noch 54 Stationen. Sie sind durch einen Ring o im Stationenverzeichnis (Seite 26ff.) gekennzeichnet.

Schliesslich mussten noch die Werte $\Delta g_c'$ für $T = 100$ und 140 km ermittelt werden; die Interpolation erfolgte genau wie bei $A = 64 \times 64$ km^2. Die zweiten Differenzen bleiben kleiner als bei der ersten Rechnung; nur bei einigen Walliserstationen sind sie etwas grösser als 6×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2}.

3. Ergebnisse der Rechnung.

Dem nachfolgenden Stationenverzeichnis geht eine schematische Einteilung voraus. Sie gibt an Stelle der Zahlenwerte deren mathematische Bedeutung.

Wir haben zu jeder Station 5 Zahlen-Kolonnen und 4 Zeilen. Die erste Zeile gibt in der ersten Kolonne die Stationshöhe H und in den letzten 4 Kolonnen die Werte von $-\Delta g_i''$ für die 4 Annahmen der Tiefe. Die zweite, dritte und vierte Zeile der letzten 4 Kolonnen geben die Zahlenwerte von $g - \gamma_0 + \Delta g - \Delta g_i$ für die drei Terrainausgleichungen. Um $\Delta g_c'$, dessen Berechnung den Hauptinhalt dieser Arbeit ausmacht, aus den Endresultaten herausschälen zu können, sind in der ersten Kolonne unter der Stationshöhe H noch Zwischengrössen angegeben; und zwar in der zweiten Zeile $g - \gamma_0 + \Delta g$ (13) und in der dritten Zeile die topographische Reduktion $\Delta g_t'$. Alle Zahlen sind in Einheiten der dritten Dezimale von g (10^{-3} cm sec^{-2}) ausgedrückt.

Station	$T = 80$	100	120	140 km
H	1. Zeile: $-\Delta g''_i$			
$g - \gamma_0 + \Delta g$	2. Zeile: $g - \gamma_0 + \Delta g - \Delta g_i$	für $A =$	8×8 km²	
$\Delta g'_i$	3. Zeile: $g - \gamma_0 + \Delta g - \Delta g_i$	für $A =$	64×64 km²	
	4. Zeile: $g - \gamma_0 + \Delta g - \Delta g_i$	für $A =$	128×128 km²	
Aarau				
383 m	5,1	6,1	6,9	7.6
+ 5,1	+ 31,8	+ 30,9	+ 29,6	+ 27.9
+ 41,2	+ 34,3	+ 32,9	+ 31,3	+ 29.4
	+ 39,1	+ 37,4	+ 35,3	+ 32,9
Adelboden × o				
1296 m	4,0	4,8	5,4	5,8
+ 24,8	+ 28,4	+ 18,7	+ 10,3	+ 2.9
+ 130,2	+ 23,6	+ 15.1	+ 7,4	+ 0.5
	+ 13,9	+ 6,4	− 0,5	− 6.8
Aigle				
406 m	3,9	4,7	5,2	5,7
− 51,8	+ 22,8	+ 16,6	+ 10,8	+ 5,5
+ 34,7	+ 26,8	+ 20,9	+ 14,9	+ 9,1
	+ 24,8	+ 19,3	+ 13,4	+ 7,4
Airolo × o				
1166 m	4,2	4.9	5,6	6.0
− 6,3	+ 33,2	+ 21.7	+ 12,4	+ 4,1
+ 107,6	+ 28,6	+ 18.1	+ 9,0	+ 1.0
	+ 15,8	+ 7,3	− 0,2	− 7.0
All' Acqua				
1600 m	4,1	4,8	5,4	5.8
+ 39,6	+ 32,1	+ 20,4	+ 10,6	+ 2,1
+ 155,9	+ 25.4	+ 15,0	+ 5,8	− 2,1
	+ 12,6	+ 3,9	− 3,8	− 10,7
Al Maglio				
821 m	4,1	4,8	5,4	5,8
+ 46,4	+ 61,4	+ 57,6	+ 53,5	+ 50,0
+ 83,9	+ 67,9	+ 63,5	+ 58,6	+ 53,0
	+ 70,8	+ 64,6	+ 59,2	+ 54,6
Altdorf × o				
489 m	4,6	5,5	6,1	6,6
− 87,2	+ 4,3	− 3,1	− 9,9	− 15,9
+ 32,9	+ 5,9	− 2,4	− 9,8	− 16,0
	− 2,1	− 8,7	− 14,9	− 20,6
Altstätten × o				
463 m	4,8	5,8	6,6	7,1
− 36,1	− 2,4	− 4,7	− 7,5	− 10,7
+ 47,5	+ 2,5	− 1,5	− 5,1	− 8,5
	+ 8,6	+ 4,0	− 0,4	− 4,7
Alt St. Johann				
891 m	4,7	5,6	6,4	6,9
− 15,1	+ 3,9	− 0,9	− 5,5	− 10,1
+ 88,2	+ 2,3	− 2,7	− 7,1	− 11,1
	+ 7,2	+ 0,8	− 4,7	− 9,6

Station	$T = 80$	100	120	140 km
Amsteg ×				
524 m	4,4	5,3	6,0	6,4
− 119,4	+ 6,6	− 2,9	− 11,3	− 18,7
+ 11,9	+ 3,8	− 5,6	− 13,9	− 21,0
	− 6,0	− 13,8	− 20,8	− 27,2
Andeer × o				
981 m	4,4	5,3	6,0	6,6
− 71,3	− 2,2	− 13,2	− 22,7	− 30,9
+ 81,8	− 4,7	− 13,9	− 24,1	− 32,2
	− 18,1	− 26,7	− 34,5	− 41,4
Astano × o				
631 m	3,9	4,5	5,0	5,4
+ 35,7	+ 55,4	+ 53,2	+ 50,4	+ 47,3
+ 68,3	+ 63,0	+ 59,4	+ 55,7	+ 51,9
	+ 71,7	+ 66,6	+ 61,3	+ 56,6
Augio				
1030 m	4,3	5,1	5,7	6,2
− 38,2	+ 14,4	+ 5,3	− 2,6	− 9,7
+ 82,1	+ 14,5	+ 4,9	− 3,8	− 11,3
	+ 5,7	− 2,2	− 9,8	− 17,0
Baden				
389 m	5,1	6,1	6,9	7,6
+ 3,4	+ 29,0	+ 28,4	+ 27,2	+ 25,7
+ 40,9	+ 32,5	+ 31,1	+ 29,5	+ 27,7
	+ 36,4	+ 34,9	+ 33,0	+ 30,8
Balsthal				
487 m	5,1	5,9	6,8	7,6
+ 19,2	+ 37,4	+ 35,9	+ 34,3	+ 32,5
+ 50,6	+ 38,7	+ 36,8	+ 35,0	+ 33,0
	+ 43,2	+ 40,7	+ 38,4	+ 35,9
Basel × o				
277 m	5,5	6,8	7,5	8,1
+ 26,5	+ 57,1	+ 57,0	+ 55,9	+ 54,8
+ 25,8	+ 61,3	+ 60,7	+ 59,2	+ 57,5
	+ 64,1	+ 63,0	+ 61,2	+ 59,4
Bauma				
637 m	4,9	5,8	6,6	7,2
− 7,4	+ 3,4	+ 1,8	− 0,3	− 2,7
+ 69,6	− 8,0	+ 4,5	+ 1,5	− 1,1
	− 14,9	+ 10,5	+ 6,6	+ 3,0
Belalp				
2132 m	3,8	4,4	5,0	5,4
+ 88,7	+ 22,8	+ 10,6	+ 0,5	− 8,2
+ 214,5	+ 16,5	+ 5,7	− 3,7	− 11,9
	0,0	− 8,6	− 16,1	− 22,8
Bellinzona				
224 m	4,1	4,9	5,5	5,9
− 48,9	+ 53,4	+ 48,2	+ 43,0	+ 38,0
+ 7,9	+ 58,0	+ 52,3	+ 46,5	+ 40,7
	+ 58,9	+ 51,6	+ 45,4	+ 40,2

Station		$T = 80$	100	120	140 km
Berisal					
	1531 m	3,7	4,3	4,9	5,2
	+ 21,3	+ 14,5	+ 2,6	− 7,2	− 15,9
	+ 155,4	+ 10,8	− 0,1	− 9,8	− 18,6
		− 5,3	− 15,6	− 23,6	− 30,2
Bern					
	522 m	4,4	5,2	5,8	6,4
	− 8,8	+ 20,0	+ 17,5	+ 14,6	+ 11,8
	+ 53,7	+ 26,1	+ 22,0	+ 18,2	+ 14,8
		+ 30,8	+ 25,1	+ 20,1	+ 16,1
Bétempshütte					
	2797 m	3,3	3,8	4,3	4,6
	+ 188,6	+ 49,0	+ 35,3	+ 24,2	+ 14,8
	+ 294,8	+ 34,0	+ 23,6	+ 14,3	+ 5,8
		+ 17,2	+ 8,3	+ 0.6	− 6,1
Biasca × o					
	301 m	4,2	5,0	5,6	6,1
	− 109,0	+ 21,4	+ 13,2	+ 5,8	− 0,8
	+ 0,1	+ 26,2	+ 15,8	+ 6,8	− 0,7
		+ 16,7	+ 9,3	+ 1,9	− 5,5
Biel					
	448 m	4,6	5,5	6,2	6,7
	+ 9,3	+ 36,3	+ 34,1	+ 31,8	+ 29,3
	+ 45,3	+ 36,5	+ 34,1	+ 31,8	+ 29,5
		+ 40,7	+ 37,3	+ 34,3	+ 31,5
Bière					
	697 m	3,8	4,4	5,0	5,5
	+ 43,2	+ 48,5	+ 45,0	+ 41,7	+ 38,6
	+ 73,3	+ 47,0	+ 44,4	+ 41,4	+ 37,9
		+ 48,0	+ 45,2	+ 42,2	+ 38,7
Bignasco ×					
	442 m	4,0	4,7	5,2	5,7
	− 83,4	+ 40,8	+ 31,8	+ 23,9	+ 16,9
	+ 9,2	+ 40,4	+ 31,5	+ 23,6	+ 16,8
		+ 34,0	+ 25,4	+ 17,8	+ 11,3
Binn					
	1381 m	3,8	4,4	5,0	5,4
	+ 2,1	+ 21,5	+ 9,5	− 0,4	− 9,0
	+ 129,3	+ 15,1	+ 4,1	− 5,3	− 13,2
		+ 1,9	− 7,9	− 16,1	− 22,9
Boltigen					
	818 m	4,2	5,0	5,6	6,1
	− 2,5	+ 36,1	+ 29,2	+ 23,0	+ 17,4
	+ 75,1	+ 32,9	+ 26,4	+ 20,5	+ 15,2
		+ 29,9	+ 24,5	+ 19,0	+ 13,5
Boncourt × o					
	370 m	5,7	6,9	7,8	8,4
	+ 33,3	+ 49,4	+ 48,6	+ 47,4	+ 46,0
	+ 39,8	+ 50,7	+ 49,7	+ 48,4	+ 46,9
		+ 52,2	+ 51,0	+ 49,5	+ 47,8

Station	T = 80	100	120	140 km
Bourg St. Pierre				
1631 m	2,9	3,3	3,8	4,2
+ 27,2	+ 17,1	+ 4,3	− 6,6	− 15,8
+ 163,0	+ 7,5	− 3,4	− 12,9	− 21,2
	− 7,4	− 16,9	− 25,0	− 31,9
Brienz				
583 m	4,3	5,1	5,7	6,1
− 61,1	+ 16,5	+ 8,9	+ 2,1	− 4,1
+ 44,1	+ 17,2	+ 9,0	+ 1,8	− 4,3
	+ 10,5	+ 4,2	− 2,0	− 7,3
Brig × o				
683 m	3,7	4,3	4,9	5,3
− 88,2	+ 15,6	+ 3,6	− 6,4	− 15,1
+ 45,0	+ 13,2	+ 2,5	− 7,1	− 15,9
	− 4,0	− 12,8	− 20,6	− 27,6
Brissago × o				
209 m	3,9	4,5	5,1	5,4
+ 17,6	− 113,6	+ 109,7	+ 105,7	+ 101,4
+ 5,2	+ 126,3	+ 119,0	+ 112,7	+ 107,0
	+ 126,5	+ 120,0	+ 114,1	+ 108,5
Bruggen				
635 m	4,9	5,8	6,6	7,2
− 15,2	+ 3,7	+ 1,4	− 1,0	− 3,7
+ 67,5	+ 6,1	+ 2,8	− 0,2	− 3,0
	+ 13,1	+ 8,8	+ 4,7	+ 0,9
Bulle				
756 m	4,2	5,0	5,6	6,1
+ 6,4	+ 23,6	+ 18,8	+ 14,2	+ 9,8
+ 81,1	+ 24,0	+ 19,7	+ 15,2	+ 10,5
	+ 26,0	+ 20,9	+ 15,9	+ 11,2
Burg				
447 m	5,3	6,4	7,3	7,9
+ 38,9	+ 51,3	+ 50,5	+ 49,3	+ 47,8
+ 47,3	+ 52,9	+ 51,9	+ 50,6	+ 49,0
	+ 56,4	+ 54,7	+ 52,9	+ 51,0
Burgdorf				
558 m	4,6	5,4	6,1	6,8
+ 3,2	+ 24,1	+ 22,0	+ 19,5	+ 17,0
+ 58,5	+ 27,9	+ 25,0	+ 22,1	+ 19,4
	+ 33,5	+ 28,8	+ 24,8	+ 21,5
Campo				
1282 m	3,9	4,5	5,1	5,4
+ 38,5	+ 43,3	+ 34,2	+ 26,2	+ 19,0
+ 128,7	+ 40,4	+ 32,3	+ 24,9	+ 18,0
	+ 33,7	+ 26,0	+ 19,0	+ 12,5
Cartigny × o				
430 m	2,9	3,3	3,8	3,9
+ 3,6	+ 31,2	+ 28,7	+ 26,3	+ 23,5
+ 43,8	+ 33,4	+ 30,0	+ 27,2	+ 24,5
	+ 35,7	+ 32,4	+ 29,4	+ 26,1

Station	$T = 80$	100	120	140 km
Castasegna × o				
700 m	4,4	5,3	6,0	6,6
− 80,9	+ 27,4	+ 17,3	+ 8,5	+ 0,8
+ 33,5	+ 23,5	+ 15,4	+ 7,4	− 0,4
	+ 14,7	+ 6,7	− 0,6	− 7,1
Châble				
822 m	3,4	4,0	4,5	4,8
− 72,3	+ 6,3	− 4,8	− 14,3	− 22,7
+ 64,3	+ 5,0	− 5,9	− 15,7	− 24,3
	− 9,7	− 18,1	− 25,8	− 33,0
Cham × o				
429 m	4,8	5,7	6,5	7,1
− 32,6	+ 5,3	+ 3,0	+ 1,4	− 1,2
+ 45,0	+ 10,7	+ 8,1	+ 5,4	+ 2,5
	+ 18,7	+ 14,4	+ 10,3	+ 6,4
Champéry ×				
1047 m	3,6	4,2	4,7	5,2
+ 8,0	+ 36,0	+ 27,5	+ 20,0	+ 13,5
+ 95,2	+ 31,7	+ 23,3	+ 15,7	+ 9,3
	+ 26,6	+ 19,8	+ 13,2	+ 6,9
Chanrion				
2435 m	3,0	3,5	3,9	4,2
+ 157,0	+ 46,3	+ 32,7	+ 21,1	+ 11,5
+ 267,4	+ 35,5	+ 23,8	+ 13,7	+ 5,1
	+ 17,6	+ 7,9	− 0,4	− 7,2
Chur × o				
594 m	4,5	5,3	6,0	6,6
− 112,6	− 21,6	− 30,1	− 37,9	− 44,9
+ 47,4	− 18,1	− 26,9	− 34,9	− 42,1
	− 24,7	− 33,8	− 41,8	− 48,7
Comprovasco				
543 m	4,2	5,0	5,7	6,1
− 99,3	+ 15,6	+ 5,8	− 2,7	− 10,4
+ 26,5	+ 12,8	+ 3,8	− 4,4	− 11,9
	+ 2,9	− 4,4	− 11,5	− 18,5
Concordia × o				
2852 m	3,9	4,6	5,2	5,6
+ 170,5	+ 25,6	+ 12,9	+ 2,2	− 6,8
+ 297,2	+ 12,1	+ 1,7	− 7,4	− 15,2
	− 1,2	− 9,5	− 17,0	− 23,7
Cresta × o				
1958 m	4,4	5,3	6,0	6,6
+ 75,9	+ 15,0	+ 3,1	− 6,8	− 15,4
+ 214,6	+ 7,9	− 2,4	− 11,6	− 19,6
	− 4,8	− 13,5	− 21,3	− 28,2
Davos				
1541 m	4,5	5,3	6,0	6,6
− 0,6	− 7,7	− 19,2	− 29,1	− 37,7
+ 163,4	− 11,8	− 22,0	− 31,2	− 39,4
	− 23,2	− 32,2	− 40,4	− 47,9

Station		$T = 80$	100	120	140 km
Delsberg o					
	430 m	5,2	6,2	7,0	7,7
	+ 24,3	+ 43,1	+ 41,5	+ 39,7	+ 38,0
	+ 46,1	+ 42,3	+ 41,1	+ 39,6	+ 37,9
		+ 45,9	+ 44,0	+ 41,9	+ 39,8
Disentis					
	1134 m	4,4	5,3	5,9	6,4
	− 35,3	+ 1,1	− 9,4	− 18,5	− 26,4
	+ 107,6	− 3,4	− 13,8	− 22,4	− 29,4
		− 14,4	− 22,7	− 30,1	− 36,5
Domodossola ×					
	275 m	3,6	4,2	4,7	5,1
	− 54,2	+ 57,8	+ 50,1	+ 43,0	+ 36,7
	+ 12,8	+ 65,3	+ 53,8	+ 44,8	+ 38,0
		+ 55,5	+ 47,9	+ 40,6	+ 33,6
Echallens					
	620 m	4,1	5,0	5,6	6,1
	+ 20,5	+ 32,7	+ 30,2	+ 27,4	+ 24,5
	+ 66,5	+ 37,3	+ 34,3	+ 30,8	+ 27,1
		+ 39,7	+ 36,1	+ 32,2	+ 28,3
Eclépens					
	455 m	4,0	4,9	5,4	6,0
	+ 11,2	+ 39,7	+ 37,1	+ 34,1	+ 31,3
	+ 48,9	+ 42,3	+ 39,4	+ 36,0	+ 32,6
		+ 44,4	+ 40,8	+ 37,0	+ 33,4
Elm					
	977 m	4,6	5,4	6,1	6,7
	+ 48,3	− 0,8	− 9,8	− 17,5	− 24,2
	+ 83,3	− 4,9	− 12,9	− 20,2	− 26,6
		− 9,9	− 17,7	− 24,7	− 30,9
Engelberg					
	1011 m	4,5	5,3	6,0	6,4
	− 16,0	+ 19,4	+ 11,0	+ 3,7	− 2,9
	+ 91,9	+ 17,2	+ 8,3	+ 0,8	− 5,5
		+ 9,2	+ 2,2	− 4,1	− 10,0
Erlenbach × o					
	684 m	4,2	5,0	5,6	6,1
	− 26,0	+ 26,6	+ 19,9	+ 13,8	+ 8,2
	+ 61,3	+ 27,3	+ 20,6	+ 14,4	+ 8,8
		+ 23,3	+ 16,9	+ 10,8	+ 5,3
Escholzmatt					
	859 m	4.5	5,3	6,0	6,5
	+ 2,0	+ 11,7	+ 7,0	+ 2,5	− 1,8
	+ 89,7	+ 13,0	+ 7,1	+ 2,1	− 2,1
		+ 13,9	+ 9,3	+ 4,5	− 0,8
Euseigne					
	981 m	3,6	4,2	4,7	5,1
	− 47,4	+ 11,7	+ 0,2	− 9,6	− 18,1
	+ 86,9	+ 11,7	− 1,4	− 11,8	− 19,7
		− 7,2	− 15,7	− 23,3	− 30,0

Station	$T = 80$	100	120	140 km
Faido				
708 m	4,2	5,0	5,6	6,0
− 79,5	+ 19,5	+ 9,5	+ 0,6	− 7,1
+ 42,7	+ 17,0	+ 7,9	− 0,4	− 7,8
	+ 7,3	− 0,1	− 7,3	− 14,2
Ferret				
1707 m	2,8	3,2	3,7	3,8
+ 32,6	+ 15,3	+ 2,3	− 8,5	− 17,8
+ 169,0	+ 4,1	− 6,8	− 16,1	− 24,4
	− 9,3	− 19,2	− 27,4	− 34,3
Fiesch				
1049 m	3,8	4,5	5,0	5,4
− 43,4	+ 20,8	+ 8,3	− 2,1	− 11,0
+ 87,8	+ 11,4	+ 1,1	− 8,2	− 16,2
	− 3,7	− 11,9	− 19,4	− 26,0
Filisur				
1023 m	4,5	5,3	6.0	6,6
− 65,4	+ 1,3	− 10,3	− 20,3	− 29,0
+ 90,0	− 1,7	− 12,6	− 22,4	− 31,0
	− 14,9	− 24,2	− 32,7	− 40,4
Flims				
1079 m	4,5	5,4	6,0	6,6
− 45,0	− 17,0	− 25,0	− 32,8	− 39.8
+ 107,7	− 15,3	− 24,0	− 32,0	− 39,0
	− 23,0	− 31,0	− 38,4	− 45,0
Flüelahospitz × o				
2381 m	4,5	5,4	6,1	6,6
+ 102,3	− 0,9	− 13,3	− 24,0	− 33,3
+ 265,3	− 7,0	− 17,9	− 27,7	− 36.3
	− 20,4	− 29,9	− 38,5	− 46,2
Formazza ×				
1232 m	3,9	4,6	5,1	5,5
− 9,8	+ 32,9	+ 22,3	+ 13,2	+ 5,3
+ 100,0	+ 26,0	+ 17,0	+ 8,9	+ 1,9
	+ 17,4	+ 8,8	+ 1,1	− 5,5
Frauenfeld				
431 m	5,0	6,0	6,8	7.4
− 11,0	+ 13,2	+ 12,5	+ 11,2	+ 9,5
+ 45,6	+ 17,4	+ 16,0	+ 14,4	+ 12,5
	+ 21,2	+ 19,0	+ 16,9	+ 14.8
Freiburg				
633 m	4,3	5,1	5.7	6,2
+ 1,3	+ 22,9	+ 19,8	+ 16,4	+ 13,1
+ 64,0	+ 27,4	+ 28,2	+ 28,8	+ 29,3
	+ 31,1	+ 30,8	+ 30,1	+ 30,2
Frutigen				
778 m	4,1	4,9	5,5	5,9
− 28,9	+ 23,7	+ 15,4	+ 7.9	+ 1,3
+ 73,2	+ 22,2	+ 13,4	+ 6,1	0,0
	+ 14,5	+ 7,2	+ 0.8	− 4,8

Station	$T = 80$	100	120	140 km
Fusio × o				
1281 m	4,1	4,9	5,5	5,9
+ 13,2	+ 29,7	+ 19,5	10,6	+ 2,8
+ 125,0	+ 25,6	+ 16,6	+ 8,4	+ 1,2
	- 17,3	+ 9,0	- 1,5	- 5,3
Gadmen				
1196 m	4,3	5,1	5,8	6,1
− 3,0	− 27,7	+ 17,6	+ 9,0	+ 1,4
+ 107,0	+ 21,4	+ 11,4	+ 2,9	− 3,8
	+ 11,5	+ 3,5	− 3,6	− 10,2
Gams				
506 m	4,7	5,6	6,3	6,9
− 59,8	− 0,6	− 3,7	- 8,2	− 12,5
+ 46,5	− 2,6	− 2,4	- 7,1	- 11,4
	- 6,5	− 0,7	4,7	− 9,7
Genf				
402 m	3,1	3,6	3,9	4,2
− 7,9	+ 27,2	+ 24,8	+ 22,0	+ 19,1
+ 41,3	- 30,5	+ 27,0	− 23,4	− 20,1
	− 32,5	− 29,3	+ 25,6	+ 21,8
Gerra Gambarogna				
211 m	3,9	4,6	5,1	5,5
- 4,9	+ 88,6	+ 84,9	+ 80,9	+ 76,8
+ 6,6	+ 99,6	+ 94,2	+ 88,6	+ 83,0
	− 100,6	- 95,0	+ 89,6	+ 84,4
Gerra Verzasca				
844 m	4,1	4,8	5,4	5,8
− 3,8	+ 56,8	+ 48,8	+ 41,6	+ 35,1
+ 66,3	− 59,4	+ 50,5	+ 42,8	+ 36,1
	- 54,1	+ 46,0	+ 38,7	+ 32,0
Glarus				
472 m	4,7	5,5	6,3	6,8
− 86,3	- 0,2	− 6,1	- 11,7	17,1
+ 30,5	− 0,8	− 7,1	- 12,5	17,4
	- 0,9	− 7,7	- 13,5	18,6
Gletsch				
1755 m	4,1	4,8	5,4	5,8
+ 44,3	15,8	− 3,7	− 6,3	− 15,0
+ 178,3	− 6,8	− 3,9	- 13,1	− 20,8
	− 6,8	− 15,3	- 22,8	- 29,4
Göschenen × o				
1106 m	4,3	5,1	5,8	6,2
− 43,7	− 9,3	1,7	11,0	− 19,1
+ 92,3	- 3,0	− 7,2	- 16,1	- 22,9
	− 8,8	− 16,8	− 24,0	− 30,6
Gornergrat				
3016 m	3,3	3,9	4,4	4,7
+ 217,1	+ 54,0	+ 40,1	+ 28,7	+ 19,0
+ 320,4	+ 37,2	+ 27,1	+ 17,9	+ 9,5
	+ 19,9	+ 11,3	+ 3,7	− 3,0

Station	*T*	80	100	120	140 km
Gr. St. Bernard × o					
2473 m		2,7	3,1	3,6	3,9
+ 139,7	+	16,9	+ 3,8	− 6,8	16,0
+ 273,4	+	7,8	− 3,1	− 12,5	20,8
		6,8	− 16,7	− 24,9	− 31,8
Grimmialp					
1217 m		4,2	5,0	5,6	6,0
+ 37,5	+	37,6	+ 29,6	+ 22,4	+ 16,0
+ 121,9	+	34,6	+ 27,1	− 20,4	+ 14,5
	+	28,7	+ 22,4	+ 16,5	+ 10,9
Grimselhospiz × o					
1874 m		4,1	4,8	5,4	5,8
+ 68,0	+	24,4	+ 12,3	+ 2,2	− 6,4
+ 193,2	+	14,9	+ 4,7	− 4,2	− 12,0
	−	1,5	− 6,7	− 14,1	− 10,8
Grindelwald					
1056 m		4,1	4,8	5,4	5,8
− 22,2	+	31,5	+ 20,5	+ 11,2	+ 3,1
+ 88,1	+	23,8	+ 12,9	+ 3,9	− 2,5
	+	12,2	+ 4,2	− 2,9	− 9,3
Gsteig					
1185 m		4,0	4,8	5,4	5,8
+ 20,6	+	34,0	− 24,9	+ 16,9	+ 9,8
+ 116,0	+	30,0	+ 21,2	− 13,5	+ 7,0
	+	21,2	+ 14,1	+ 7,7	+ 1,9
Guttannen					
1057 m		4,2	4,9	5,6	5,9
− 34,9	+	26,4	+ 15,0	− 5,6	− 2,7
+ 83,4	+	17,7	− 7,0	− 1,9	− 8,6
	+	6,6	− 1,9	− 9,2	− 15,8
Handeck					
1404 m		4,1	4,9	5,5	5,9
− 2,9	+	20,1	+ 8,3	− 1,7	− 10,2
+ 125,1	+	11,3	− 0,9	− 9,5	− 16,2
	−	1,6	− 10,3	− 17,9	− 24,4
Haudères × o					
1453 m		3,4	4,0	4,6	4,8
+ 7,1	+	30,7	+ 16,8	+ 5,4	− 4,4
+ 135,3	+	20,1	+ 7,6	− 2,3	− 10,9
	+	0,4	− 8,5	− 16,3	− 23,5
Hinterrhein × o					
1622 m		4,4	5,2	5,9	6,4
+ 26,3	+	11,8	+ 0,5	− 9,1	− 17,4
+ 164,2	+	6,2	− 4,5	− 13,9	− 22,0
	−	6,9	− 15,2	− 22,7	− 29,4
Huttwil					
650 m		4,8	5,7	6,4	7,1
+ 6,6	+	21,7	+ 19,5	+ 16,8	+ 14,3
+ 66,0	+	24,8	+ 21,2	+ 18,1	+ 15,6
	+	30,7	+ 26,3	+ 22,3	+ 18,8

Station		$T = 80$	100	120	140 km
Ilanz					
	697 m	4,5	5,3	6,0	6,6
	- 92,9	- 14,9	- 24,0	- 32,1	- 39,3
	+ 61,1	- 13,4	- 22,8	- 31,1	- 38,4
		- 23,3	- 31,3	- 38,4	- 45,2
Interlaken					
	567 m	4,2	5,0	5,6	6,0
	- 61,1	+ 12,0	+ 4,2	- 2,8	- 9,2
	+ 49,9	+ 12,8	+ 4,0	- 3,4	- 8,9
		+ 5,6	- 1,5	- 7,9	- 13,5
Iselle					
	630 m	3,7	4,3	4,8	5,1
	- 100,5	+ 15,5	+ 5,4	- 3,4	- 11,2
	+ 22,4	+ 18,7	+ 6,7	- 2,8	- 10,7
		+ 3,0	- 6,0	- 13,6	- 19,8
Jaun >					
	1024 m	4,2	5,0	5,6	6,1
	+ 23,9	+ 29,6	+ 23,2	+ 17,4	+ 12,1
	+ 102,6	+ 28,2	+ 22,5	+ 17,0	+ 11,9
		+ 26,1	+ 21,7	+ 16,8	+ 11,5
Jongny					
	615 m	4,1	4,9	5,5	6,0
	+ 0,9	+ 29,2	+ 25,3	+ 21,4	+ 17,6
	+ 64,6	+ 34,3	+ 30,8	+ 26,5	+ 21,6
		+ 36,5	+ 32,2	+ 27,5	+ 22,5
Kandersteg					
	1186 m	4,0	4,7	5,3	5,7
	- 4,0	+ 34,4	+ 23,7	+ 14,6	+ 6,7
	+ 101,0	+ 29,2	+ 19,6	+ 10,9	+ 4,2
		+ 17,6	+ 9,1	+ 1,7	- 4,6
Klausenpass					
	1848 m	4,6	5,4	6,1	6,6
	+ 75,1	+ 13,2	+ 4,1	- 3,5	- 10,4
	+ 194,3	+ 8,7	+ 0,7	- 6,5	- 13,0
		+ 0,2	- 5,9	- 11,9	- 17,8
Klönthal					
	860 m	4,7	5,6	6,3	6,8
	- 39,7	+ 5,0	- 1,2	- 7,1	- 12,6
	+ 72,8	+ 2,5	- 3,6	- 9,1	- 14,0
		+ 2,4	- 4,1	- 9,9	- 15,0
Klosters					
	1189 m	4,5	5,3	6,0	6,6
	- 46,3	- 9,2	- 20,3	- 30,0	- 38,4
	+ 117,3	- 12,7	- 22,7	- 31,6	- 39,5
		- 22,2	- 31,3	- 39,4	- 47,1
Kreuzlingen					
	412 m	5,1	6,1	6,9	7,6
	- 12,8	+ 12,5	+ 11,9	+ 10,9	+ 9,5
	+ 43,0	+ 15,6	+ 15,0	+ 13,9	+ 12,4
		+ 19,6	+ 16,6	+ 14,4	+ 13,0

Station	$T = 80$	100	120	140 km
Küblis				
817 m	4,5	5,3	6,0	6,6
− 90,9	− 12,2	− 22,0	− 30,7	− 38,4
+ 68,1	− 14,7	− 24,1	− 32,3	− 39,3
	− 21,6	− 31,5	− 39.2	− 45,6
La Cure × o				
1150 m	3,5	4,0	4,5	5,0
+ 102,4	+ 53,9	+ 50,0	+ 46,5	+ 43,2
+ 124,9	+ 48,0	+ 45,5	+ 42,9	+ 40,2
	+ 48,3	+ 45,4	+ 42,7	+ 40.1
Landquart × o				
520 m	4,5	5,4	6,1	6,7
− 110,5	− 27,0	− 34,2	− 40,9	− 47,1
+ 46,3	− 22,7	− 31,2	− 38,5	− 44,5
	− 25,7	− 33,6	− 40,9	− 47,4
Langenthal				
476 m	4,9	5,9	6,7	7,3
+ 6,9	+ 29,2	+ 27,9	+ 26,0	+ 23,9
+ 52,6	+ 32,3	+ 30,5	+ 28,5	+ 26,2
	+ 38,3	+ 35,4	+ 32,4	+ 29,3
Langnau				
694 m	4,5	5,3	6,0	6,5
− 1,7	+ 19,4	+ 15,6	+ 11,9	+ 8,1
+ 72,4	+ 21,5	+ 17,1	+ 13,0	+ 9,3
	+ 24,5	+ 20,0	+ 15,5	+ 10,8
Langwies				
1388 m	4,5	5,3	6,0	6,6
− 20,0	− 11,9	− 22,4	− 31,5	− 39,5
+ 142,2	− 14,7	− 24,5	− 33,2	− 40,8
	− 24,2	− 33.7	− 41,9	− 48,8
Laufen				
353 m	5,3	6,3	7,1	7,8
+ 18,0	+ 43,6	+ 42,6	+ 41,2	+ 39,6
+ 36,7	+ 45,2	+ 43,5	+ 41,8	+ 40,1
	+ 48,9	+ 46,4	+ 44,1	+ 42,2
Lausanne				
531 m	4,0	4,7	5,3	5,9
+ 8,9	+ 38,1	+ 35,4	+ 32,6	+ 29,8
+ 52,1	+ 44,4	+ 41,0	+ 37,3	+ 33,4
	+ 47,0	+ 43,3	+ 39,4	+ 35,4
Lauterbrunnen				
795 m	4,1	4,8	5,4	5,8
− 69,7	+ 25,9	+ 15,2	+ 6,1	− 1,8
+ 44,5	+ 20,7	+ 8,8	+ 0,4	− 6,3
	+ 9,2	+ 1,0	− 5,4	− 13,2
Le Bouveret × o				
386 m	3,9	4,7	5,3	5,8
− 36,0	+ 31,6	+ 27,2	+ 22,7	+ 18,3
+ 30,6	+ 37,4	+ 32,4	+ 27,3	+ 22,1
	+ 39,2	+ 33,2	+ 27,5	+ 22,4

Station	$T = 80$	100	120	140 km
Le Brassus				
1035 m	3,7	4,4	5,0	5,4
+ 89,2	+ 56,0	+ 51,9	+ 48,3	+ 44,9
+ 112,1	+ 49,1	+ 46,5	+ 45,7	+ 40,7
	+ 49,0	+ 45,8	+ 42,9	+ 40,1
Le Locle × o				
918 m	4,4	5,2	5,9	6,3
− 67,3	+ 42,8	+ 39,3	+ 36,1	+ 33,0
+ 99,3	+ 37,1	+ 34,9	+ 32,6	+ 30,0
	+ 38,1	+ 35,5	+ 33,0	+ 30,3
Lenk `				
1062 m	4,0	4,8	5,4	5,8
− 8,3	+ 21,7	+ 12,2	+ 4,0	− 3,3
+ 101,9	+ 17,6	+ 8,8	+ 1,0	− 5,7
	+ 8,8	+ 1,1	− 5,9	− 12,1
Les Verrières × o				
928 m	4,2	5,1	5,7	6,2
+ 71,3	+ 46,9	+ 43,2	+ 39,8	+ 36,6
+ 100,2	+ 40,5	+ 38,6	+ 36,2	+ 33,6
	+ 40,1	+ 37,6	+ 35,0	+ 32,5
Leukerbad o				
1385 m	3,8	4,5	5,1	5,5
+ 4,4	+ 20,6	+ 9,3	− 0,2	− 8,5
+ 127,7	+ 16,9	+ 6,5	− 2,7	− 10,7
	+ 1,6	− 6,8	− 14,3	− 21,0
Linthal				
656 m	4,6	5,5	6,2	6,7
− 89,4	+ 2,2	− 6,4	− 13,9	− 20,6
+ 40,4	− 2,3	− 9,9	− 16,8	− 23,1
	− 7,3	− 14,8	− 21,6	− 27,6
Liss				
445 m	4,5	5,4	6.1	6,6
+ 1,5	+ 28,9	+ 27,1	+ 24,9	+ 22,5
+ 46,1	+ 32,5	+ 29,9	+ 27,2	+ 24,6
	+ 37,2	+ 33,3	+ 29,7	+ 26,5
Locarno				
197 m	4,0	4,7	5,2	5,6
− 4,2	+ 91,8	+ 87,3	+ 82,7	+ 78,1
+ 9,3	+ 102,2	+ 96,1	+ 88,0	+ 84,1
	+ 102,2	+ 95,6	+ 89,4	+ 83,8
Lugano				
275 m	4,0	4,6	5,2	5,6
− 4,2	+ 58,4	+ 56,1	+ 53,4	+ 50,3
+ 25,0	+ 63,8	+ 60,5	+ 57,2	+ 53,6
	+ 72,7	+ 67,0	+ 62,2	+ 58,2
Lungern				
715 m	4,3	5,2	5,9	6,2
− 41,5	+ 19,2	+ 11,8	+ 5,0	− 1,3
+ 61,5	+ 19,8	+ 11,6	+ 4,5	− 1,8
	+ 12,8	+ 6,6	+ 0,5	− 5,7

Station	$T = 80$	100	120	140 km
Luzern				
435 m	4,7	5,6	6,4	6,9
− 40,9	+ 5,3	+ 2,5	− 0,6	− 4,0
+ 45,5	+ 10,8	+ 6,8	+ 3,2	0,3
	+ 14,7	+ 10,7	+ 6,4	+ 1,6
Maggia × o				
331 m	4,0	4,7	5,2	5,6
− 26,9	+ 81,4	+ 74,8	+ 68,6	+ 62,8
+ 11,0	+ 86,2	+ 78,7	+ 71,8	+ 65,7
	+ 84,1	+ 76,7	+ 69,8	+ 63,6
Maloja × o				
1808 m	4,5	5,3	6,1	6,7
+ 66,9	+ 29,4	+ 17,3	− 7,1	− 1,6
+ 193,1	+ 22,2	+ 12,0	− 2,9	− 5,2
	+ 10,6	+ 1,1	− 7,1	− 14,2
Martigny × o				
471 m	3,4	4,0	4,5	4,9
− 93,6	+ 9,9	+ 0,3	− 8,2	− 15,6
+ 29,9	+ 11,4	+ 1,7	− 7,2	− 15,4
	+ 1,0	− 7,6	− 15,2	− 21,9
Martinsbruck × o				
1036 m	4,6	5,4	6,2	6,6
− 61,4	+ 18,7	+ 6,2	− 4,3	− 13,8
+ 85,9	+ 15,7	+ 4,2	− 5,9	− 15,0
	+ 1,7	− 8,5	− 16,9	− 25,1
Mattmark ×				
2111 m	3,4	4,0	4,5	4,8
+ 111,2	+ 51,6	+ 39,0	− 28,5	+ 19,5
+ 210,2	+ 39,6	+ 29,0	− 19,8	+ 11,9
	+ 25,0	+ 15,5	− 8,0	+ 1,5
Mauvoisin				
1830 m	3,2	3,7	4,2	4,4
+ 49,6	+ 31,7	+ 18,0	− 6,7	− 3,1
+ 175,0	+ 20,0	+ 8,6	− 1,3	− 10,1
	+ 2,4	− 6,5	− 14,5	− 21,9
Meiringen				
606 m	4,2	5,1	5,7	6,0
− 67,1	+ 24,0	+ 14,8	+ 6,8	− 0,5
+ 41,7	+ 20,2	+ 10,6	− 2,3	− 3,8
	+ 11,3	+ 4,0	− 2,8	− 9,1
Mels				
487 m	4,6	5,5	+ 6,2	6,8
− 91,7	− 11,4	− 17,3	− 23,0	− 28,4
+ 39,3	− 9,2	− 16,0	− 22,0	− 27,2
	− 8,8	− 15,7	− 22,3	− 28,4
Mendrisio				
354 m	3,9	4,5	5,0	5,4
− 1,8	+ 36,4	+ 35,5	+ 33,9	+ 31,8
+ 35,4	+ 42,4	+ 37,8	+ 35,3	+ 33,5
	+ 55,6	+ 49,1	+ 45,0	+ 41,8

Station	*T* 80	100	120	140 km
Mesocco				
780 m	4,3	5,2	5,8	6,4
− 79,2	+ 14,1	+ 4,4	− 4,2	− 11,7
+ 49,1	+ 9,2	+ 0,6	− 7,8	− 15,5
	− 0,4	− 7,8	− 15,2	− 22,2
Montbovon ×				
795 m	4,1	5,0	5,6	6,0
+ 6,2	+ 34 4	+ 28,5	+ 22,9	+ 17,7
+ 79,0	+ 33,4	+ 28,0	+ 22,6	+ 17,4
	+ 33,3	+ 28,5	+ 23,3	+ 17,9
Morges \				
373 m	3,8	4,5	5,1	5,7
− 1,9	− 36,9	− 34,6	+ 32,0	+ 29,4
+ 37,5	+ 44,1	+ 40,6	− 37,0	+ 33,4
	− 46,4	+ 42,7	− 38,9	+ 35,0
Moudon				
521 m	4,2	5,0	5,7	6,1
− 5,1	− 25,7	+ 22,7	+ 19,5	+ 16,2
− 52,5	+ 29,7	+ 26,4	− 22,8	+ 18,6
	+ 32,7	− 28,6	+ 24,4	+ 19,9
Moutier				
528 m	5,0	6,0	6,6	7,4
+ 22,8	− 39,2	+ 36,9	− 34,6	+ 32,6
+ 53,4	+ 37,4	+ 35,7	− 33,7	+ 32,0
	− 41,4	+ 38,6	+ 36,0	+ 33,8
Muototal				
600 m	4,6	5,5	6,3	6,7
− 70,8	− 2,5	− 4,0	− 9,8	− 15,4
+ 43,5	− 2,9	− 3,4	− 9,1	− 14,6
	− 0,6	− 5,6	− 11,2	− 16,6
Murten				
451 m	4,3	5,1	5,8	6,2
+ 0,1	+ 29,8	+ 27,7	+ 25,3	+ 22,6
+ 46,4	− 36,0	− 32,8	+ 29,6	+ 26,2
	+ 40,0	+ 34,9	+ 30,7	+ 27,1
Neuchâtel				
487 m	4,4	5,2	5,8	6,3
+ 13,2	+ 37,0	+ 34,6	+ 32,0	+ 29,4
+ 50,6	+ 38,0	+ 35,1	+ 32,2	+ 29,4
	+ 40,4	+ 36,7	+ 33,3	+ 30,3
Nyon				
405 m	3,5	4,1	4,5	4,9
+ 5,5	− 40,0	+ 37,2	+ 34,4	+ 31,6
+ 40,6	− 42,8	+ 40,3	+ 37,2	+ 33,8
	− 45,1	+ 42,5	+ 39,2	+ 35,3
Olivone × o				
886 m	4,3	5,1	5,7	6,2
− 63,7	+ 14,2	+ 3,6	− 5,5	− 13,4
+ 66,8	+ 10,1	− 0,3	− 8,3	− 15,6
	0,0	− 8,3	− 15,8	− 22,5

Station		*T* 80	100	120	140 km
Olten					
	417 m	5.1	6,1	6,9	7,6
	+ 10,7	+ 35,3	+ 34,2	+ 32,6	+ 30,9
	+ 44,5	+ 36,8	+ 35,2	+ 33,3	+ 31,4
		+ 41,5	+ 39,5	+ 37,2	+ 34,8
Ormonts					
	1168 m	3,9	4,7	5,3	5,8
	+ 23,2	+ 33,9	+ 25,4	+ 17,8	+ 11,2
	+ 114,6	+ 29,9	+ 21,7	+ 14,5	− 8,3
		+ 23,3	+ 16,1	+ 9,6	+ 3,9
Orsières					
	891 m	3,2	3,7	4,3	4,5
	− 65,1	+ 9,3	− 2,4	− 12,1	− 20,8
	+ 71,0	+ 4,5	− 6,0	− 15,2	− 23,6
		− 8,9	− 17,5	− 25,1	− 32,3
Parpan × o					
	1498 m	4.5	5,3	6,0	6,6
	+ 2,1	− 13,7	− 23,4	32,1	− 39,7
	+ 160,6	− 11,9	− 22,0	− 30,9	− 38,6
		− 23,0	− 31,8	− 39,6	− 46,5
Payerne ×					
	448 m	4,3	5,1	5,7	6,2
	− 5,6	+ 26,3	+ 23,9	+ 21,1	+ 18,2
	+ 46,6	+ 31,4	+ 27,5	+ 23,9	+ 20,6
		+ 34,4	+ 29,8	+ 25,7	+ 22,0
Pfäffikon					
	412 m	4,8	5,7	6,5	7,0
	− 50,0	+ 1,2	− 1,4	− 4,3	− 7,5
	+ 39,9	+ 4,4	+ 0,8	− 2,5	− 5,8
		+ 11,3	+ 6,2	− 1,6	− 2,5
Plaffeien					
	851 m	4.3	5,1	5,7	6,1
	+ 19,6	+ 25,6	+ 20,9	+ 16,4	+ 12,1
	+ 90,7	+ 26,4	+ 21,9	+ 17,3	+ 12,8
		+ 28,3	+ 22,8	+ 17,7	+ 13,1
Porrentruy					
	440 m	5,3	6,4	7,2	7,8
	+ 34,6	+ 47,5	+ 46,1	+ 44,5	+ 42,7
	+ 47,5	+ 46,9	+ 46,0	+ 44,7	+ 42,9
		+ 48,9	+ 47,4	+ 45,7	+ 43,7
Preda × o					
	1793 m	4.5	5,3	6,1	6,7
	+ 34,1	+ 8,3	− 1,3	− 14,9	− 24,0
	+ 186,9	+ 2,9	− 8,9	− 19,2	− 28,0
		− 12,7	− 22,1	− 30,4	− 37,8
Premia					
	805 m	3,8	4,4	4,9	5,3
	− 49,7	+ 24,1	+ 14,2	+ 5,6	− 2,0
	+ 64,1	+ 23,3	+ 13,4	+ 4,7	− 2,8
		+ 13,6	+ 4,7	− 3,1	− 9,9

Station		$T = 80$	100	120	140 km
Randa					
	1407 m	3,5	4,1	4,6	4,9
	− 7,9	+ 45,3	+ 30,8	+ 19,1	+ 9,1
	+ 108,5	+ 30,0	+ 17,8	+ 7,2	− 0,7
		+ 12,1	+ 2,4	− 5,9	− 12,8
Reckingen ×					
	1334 m	3,9	4,6	5,2	5,5
	− 5,4	+ 22,7	+ 10,2	− 0,1	− 9,1
	+ 123,9	+ 12,1	+ 2,0	− 6,9	− 14,9
		− 1,9	− 10,1	− 17,5	− 24,2
Realp					
	1541 m	4,2	5,0	5,6	6,0
	+ 19,4	+ 18,6	+ 7,0	− 2,9	− 11,2
	+ 150,0	+ 10,2	− 0,4	− 9,5	− 17,2
		− 3,4	− 11,3	− 18,6	− 25,2
Ried					
	1496 m	3,8	4,5	5,0	5,4
	+ 15,5	+ 29,2	+ 17,0	+ 6,7	− 2,1
	+ 136,2	+ 20,7	+ 10,5	+ 1,3	− 6,9
		+ 5,2	− 2,8	− 10,3	− 17,2
Riffelberg					
	2566 m	3,3	3,9	4,4	4,7
	+ 175,3	+ 55,4	+ 41,2	+ 29,7	+ 20,0
	+ 278,5	+ 39,2	+ 28,5	+ 19,0	+ 10,5
		+ 21,6	+ 12,6	+ 4,7	− 2,1
Rivera					
	473 m	4,0	4,7	5,3	5,7
	+ 8,0	+ 65,8	+ 62,0	+ 57,9	+ 53,8
	+ 42,2	+ 74,3	+ 68,6	+ 63,2	+ 57,9
		+ 78,3	+ 70,8	+ 64,6	+ 59,6
Romanshorn					
	421 m	5,0	5,9	6,7	7,5
	− 23,1	+ 6,2	+ 5,6	+ 4,3	+ 2,8
	+ 44,3	+ 12,3	+ 10,3	+ 8,3	+ 6,5
		+ 16,0	+ 12,8	+ 10,2	+ 8,2
Rorschach					
	408 m	4,9	5,9	6,7	7,3
	− 38,2	+ 1,4	− 0,1	− 1,9	− 4,1
	+ 42,3	+ 5,8	+ 3,6	+ 1,3	− 1,1
		+ 11,8	+ 8,5	+ 5,3	+ 2,1
Roveredo					
	308 m	4,2	5,0	5,6	6,1
	− 67,1	+ 42,3	+ 35,9	+ 29,8	+ 24,2
	+ 9,4	+ 44,3	+ 37,3	+ 30,8	+ 24,9
		+ 41,4	+ 34,0	+ 27,8	+ 22,8
Saanen					
	1010 m	4,1	5,0	5,6	6,1
	+ 21,6	+ 37,5	+ 29,8	+ 22,9	+ 16,5
	+ 104,5	+ 33,8	+ 25,9	+ 19,1	+ 13,4
		+ 28,8	+ 22,9	+ 17,1	+ 11,4

Station	$T = 80$	100	120	140 km
Saas Grund				
1559 m	3,5	4,1	4,6	5,0
+ 21,9	+ 39,0	+ 25,5	+ 14,5	+ 5,1
+ 139,2	+ 26,0	+ 14,6	+ 4,4	− 3,1
	+ 10,6	− 0,7	− 8,2	− 14,4
Safien				
1288 m	4,5	5,3	6,0	6,6
− 27,6	− 14,3	− 24,1	− 32,7	− 40,3
+ 130,4	− 13,7	− 23,1	− 31,8	− 39,9
	− 25,4	− 32,8	− 40,2	− 47,5
Saignelégier				
977 m	4,9	5,8	6,5	6,9
+ 89,4	+ 53,6	+ 50,8	+ 48,2	+ 45,5
+ 105,2	+ 49,2	+ 47,4	+ 45,4	+ 43,3
	—	—	—	—
Samaden				
1741 m	4,6	5,4	6,2	6,7
+ 30,2	+ 5,2	− 8,0	− 19,1	− 28,6
+ 189,7	− 3,0	− 14,8	− 25,0	− 33,8
	− 18,5	− 27,6	− 35,8	− 43,3
Sa. Maria maggiore				
818 m	3,7	4,4	4,8	5,2
+ 67,5	+ 103,8	+ 97,2	+ 90,8	+ 85,1
+ 81,1	+ 112,0	+ 102,5	+ 94,2	+ 87,5
	+ 106,2	+ 98,6	+ 91,4	+ 85,0
Sa. Maria Medels × o				
1842 m	4,3	5,1	5,7	6,2
+ 57,2	+ 7,3	− 3,5	− 12,9	− 20,9
+ 194,8	+ 4,3	− 7,5	− 16,5	− 23,4
	− 8,4	− 16,6	− 24,1	− 30,7
Sa. Maria Münstertal × o				
1384 m	4,6	5,4	6,1	6,7
− 23,0	+ 10,3	− 2,8	− 13,9	− 23,5
+ 133,9	+ 6,4	− 5,0	− 15,3	− 24,4
	+ 8,5	− 18,3	− 27,1	− 35,0
San Bernardino				
1612 m	4,3	5,2	5,8	6,4
+ 37,3	+ 16,2	+ 5,4	− 3,9	− 11,8
+ 167,2	+ 10,9	+ 1,2	− 7,4	− 14,7
	− 0,5	− 8,8	− 16,2	− 22,4
Sanetsch ×				
2041 m	3,9	4,6	5,2	5,6
+ 105,5	+ 21,8	+ 12,2	+ 3,9	− 3,6
+ 216,2	+ 20,3	+ 10,6	+ 2,1	− 5,3
	+ 8,3	+ 1,4	− 5,3	− 11,8
Sarnen				
469 m	4,5	5,4	6,1	6,6
− 54,1	+ 14,8	+ 9,0	+ 3,6	− 1,5
+ 42,0	+ 17,1	+ 10,2	+ 4,3	− 0,7
	+ 14,1	+ 9,2	+ 3,9	− 1,8

Station	$T - 80$	100	120	140 km
Savognin × o				
1197 m	4,5	5,3	6,0	6,6
− 39,7	− 2,0	− 13,6	− 23,6	− 32,2
+ 117,3	− 6,1	− 16,6	− 25,9	− 34,1
	− 19,3	− 28,3	− 36,4	− 43,6
Schaffhausen × o				
428 m	5,2	6,3	7,1	7,8
+ 18,9	+ 37,6	+ 36,6	+ 35,3	+ 33,8
+ 46,0	+ 40,1	+ 38,1	+ 37,5	+ 35,9
	− 41,0	+ 38,8	+ 38,2	+ 36,5
Schangnau				
972 m	4,4	5,2	5,8	6,2
+ 6,3	+ 12,4	+ 6,9	+ 1,7	− 3,3
+ 101,5	+ 14,8	+ 6,9	+ 0,5	− 4,1
	− 12,4	+ 7,1	+ 1,6	− 4,1
Schwarzenburg				
801 m	4,3	5,1	5,7	6,2
+ 17,2	+ 26,4	+ 22,8	+ 19,0	+ 15,3
+ 81,2	+ 30,7	+ 26,1	+ 21,7	+ 17,6
	+ 33,7	+ 27,9	+ 22,8	+ 18,4
Schwarzsee				
2582 m	3,3	3,9	4,4	4,6
+ 180,3	+ 58,2	+ 43,8	+ 32,1	+ 22,2
+ 281,8	+ 42,6	+ 32,4	+ 22,9	+ 14,0
	+ 25,1	+ 15,8	+ 7,7	+ 0,6
Seewen × o				
460 m	4,7	5,6	6,3	6,8
− 61,2	− 1,0	− 5,5	− 9,9	− 14,3
+ 43,6	+ 2,7	− 2,3	− 7,0	− 11,2
	+ 4,5	− 1,2	− 6,5	− 11,5
Siders × o				
535 m	3,7	4,4	5,0	5,4
− 91,7	+ 12,7	+ 2,1	− 7,1	− 15,2
+ 37,6	+ 15,5	− 4,2	− 5,7	− 14,3
	− 2,5	− 11,0	− 18,6	− 25,5
Simplondorf ×				
1474 m	3,6	4,2	4,7	5,1
+ 12,6	+ 21,0	+ 9,1	− 0,9	− 9,4
+ 139,1	+ 17,6	+ 6,1	− 3,9	− 12,4
	+ 1,9	− 8,4	− 16,5	− 23,2
Simplonhospitz				
1998 m	3,7	4,3	4,8	5,2
+ 89,3	+ 18,5	+ 6,6	− 3,5	− 12,1
+ 219,0	+ 15,4	+ 4,1	− 5,9	− 14,1
	− 1,1	− 11,8	− 19,9	− 26,2
Sitten				
514 m	3,7	4,4	4,9	5,4
− 89,4	+ 7,2	− 2,6	− 11,4	− 19,0
+ 40,2	+ 12,4	+ 0,2	− 9,7	− 17,8
	− 4,6	− 13,0	− 20,6	− 27,2

Station		*T'* 80	100	120	140 km
Sissach					
	371 m	5,2	6,3	7,1	7,8
	+ 20,4	+ 44,9	+ 44,2	+ 42,8	+ 41,3
	+ 38,5	+ 46,9	+ 45,7	+ 44,2	+ 42,4
		+ 50,6	+ 48,7	+ 46,7	+ 44,8
Solothurn × ○					
	438 m	4,9	5,8	6,6	7,3
	+ 8,2	+ 33,9	+ 32,2	+ 30,2	+ 28,1
	+ 45,9	+ 35,3	+ 33,7	+ 31,6	+ 29,4
		+ 40,0	+ 37,2	+ 34,3	+ 31,7
Spiez					
	606 m	1,2	3,0	5,6	6,1
	35,1	+ 16,3	+ 10,2	- 4,5	- 1,0
	+ 60,6	+ 21,5	+ 13,6	- 6,9	+ 1,5
		+ 16,6	- 9,6	- 3,4	- 1,9
Splügen					
	1483 m	4,4	5,2	6,0	6,5
	+ 5,5	+ 5,6	- 5,8	- 15,4	- 23,9
	+ 151,1	+ 0,6	- 9,4	- 18,5	- 27,0
		- 11,9	- 20,2	- 27,9	- 35,2
Spruga					
	1116 m	3,9	4,5	5,0	5,4
	+ 85,3	+ 93,7	+ 86,6	+ 80,1	+ 74,2
	+ 111,7	+ 98,3	+ 90,0	+ 82,7	+ 76,3
		+ 94,3	- 86,6	- 79,6	- 73,4
Stalden ×					
	807 m	3,6	4,2	4,8	5,1
	- 92,9	+ 6,8	- 5,7	- 16,0	- 25,1
	+ 52,4	+ 2,9	- 8,9	- 19,0	- 27,7
		- 15,7	- 24,9	- 32,8	- 39,7
St. Brais					
	969 m	5,0	6,0	6,7	7,3
	+ 86,9	+ 51,8	+ 49,5	+ 47,2	+ 44,9
	+ 102,4	+ 48,6	+ 46,8	+ 44,9	+ 43,1
			—	—	
St. Cergues					
	1040 m	3,5	4,0	4,6	5,0
	+ 83,7	+ 50,4	+ 46,7	+ 43,5	+ 40,4
	+ 109,7	+ 47,3	+ 44,9	+ 42,3	+ 39,1
		+ 48,3	+ 45,6	+ 42,8	+ 39,5
Ste. Croix					
	1078 m	4,2	5,1	5,7	6,1
	+ 85,7	+ 46,1	+ 42,6	+ 39,2	+ 35,9
	+ 116,9	+ 42,1	+ 39,6	+ 36,8	+ 33,8
		+ 42,0	+ 38,7	+ 35,6	+ 32,8
Stein a. Rh.					
	399 m	5,1	6,1	6,9	7,6
	5,9	+ 18,5	+ 17,9	+ 16,7	+ 15,2
	+ 41,2	+ 22,5	+ 21,4	+ 20,0	+ 18,4
		+ 24,5	+ 22,6	+ 20,8	+ 19,3

Station	$T = 80$	100	120	140 km
St. Gotthard × o				
2094 m	4,2	4,9	5,6	5,9
+ 102,8	+ 21,3	+ 9,8	+ 0,3	− 8,1
+ 228,4	+ 15,7	+ 5,1	− 4,0	− 11,9
	+ 2,8	− 5,6	− 13,0	− 19,8
St. Imier				
809 m	4,6	5,4	6,1	6,6
+ 57,6	+ 47,1	+ 43,8	+ 40,8	+ 38,0
+ 84,6	+ 42,2	+ 39,8	+ 37,4	+ 35,1
	+ 44,2	+ 41,2	+ 38,4	+ 36.0
St. Maurice				
419 m	3,7	4,4	4,9	5,4
− 84,7	+ 15,8	+ 7,8	+ 0,4	− 6,0
+ 23,0	+ 15,7	+ 7,1	− 0,6	− 7,2
	+ 9,7	+ 2,8	− 4,0	− 10,5
St. Niklaus				
1110 m	3,6	4,1	4,7	5,1
− 57,5	+ 27,1	+ 13,4	+ 2,2	− 7,2
+ 73,1	+ 17,1	+ 4,7	− 5,3	− 13,6
	− 0,2	− 10,9	− 19,3	− 25,9
St. Ursanne				
440 m	5,2	6,2	7,0	7,6
+ 27,5	+ 48,9	+ 47,1	+ 45,2	+ 43,2
+ 43,2	+ 46,4	+ 44,7	+ 43,1	+ 41,6
	+ 49,3	+ 46,7	+ 44,5	+ 42,7
Sursee				
499 m	4,9	5,8	6,6	7,2
− 16,0	+ 11,7	+ 9,9	+ 7,7	+ 5,3
+ 52.2	+ 15,1	+ 12,7	+ 9,9	+ 7,6
	+ 22,2	+ 18,7	+ 15,2	+ 11,5
Tamins				
668 m	4,5	5,3	6,0	6,6
− 102,9	− 25,0	− 33,4	− 41,1	− 48,0
+ 59,0	− 21,8	− 30,6	− 38,7	− 45,9
	− 29,4	− 37,9	− 45,6	− 52,4
Tavannes				
756 m.	4,8	5,7	6,4	7,0
+ 53,3	+ 43,4	+ 40,8	+ 38,2	+ 35,7
+ 81,4	+ 40,2	+ 38,2	+ 36,2	+ 34,2
	+ 43,4	+ 41,0	+ 38,7	+ 36,5
Tenigerbad				
1291 m	4,4	5,3	5,9	6,4
− 18,7	+ 0,7	− 9,8	− 18,9	− 26,8
+ 125,1	− 3,0	− 12,8	− 21,6	− 29,1
	− 14,7	− 22,3	− 29,5	− 36,2
Thusis				
741 m	4,5	5,3	6,0	6,6
− 91,2	− 12,7	− 22,5	− 31,1	− 38.8
+ 66,4	− 10,2	− 20,1	− 29,1	− 37,3
	− 22,2	− 30,7	− 38,5	− 45,6

Station	$T = 80$	100	120	140 km
Truns × o				
859 m	4,5	5,3	6,0	6,5
76,9	− 3,6	− 13,9	− 22,7	30,5
+ 69,8	− 7,5	− 16,7	− 25,0	− 32,4
	− 17,6	− 25,6	− 32,8	39,3
Unter Iberg				
928 m	4,7	5,6	6,3	6,9
− 6,7	+ 5,5	+ 0,2	− 4,9	− 9,6
+ 97,3	+ 4,4	− 0,9	5,8	10,0
	+ 6,3	+ 0,3	− 5,1	− 9,9
Vallorbe × o				
750 m	4,0	4,8	5,4	5,9
+ 45,5	+ 47,1	+ 43,5	+ 40,0	+ 36,8
+ 76,6	+ 42,7	+ 40,1	+ 37,2	+ 34,1
	+ 42,1	+ 39,2	+ 36,2	+ 33,4
Vals				
1254 m	4,4	5,2	6,0	6,5
− 38,1	− 3,2	− 14,3	− 23,6	− 31,7
+ 112,9	− 6,7	− 15,5	− 24,5	33,0
	− 19,4	− 26,1	− 33,1	40,7
Visp				
649 m	3,7	4,3	4,9	5,2
− 91,7	+ 13,2	+ 1,4	− 8,6	− 17,4
+ 44,3	+ 11,7	+ 0,4	− 9,5	− 18,4
	− 7,0	− 15,3	− 22,9	− 30,1
Vissoie × o				
1198 m	3,6	4,3	4,8	5,2
− 28,4	+ 14,3	+ 2,2	− 8,0	− 16,8
+ 107,2	+ 10,9	− 0,5	− 10,6	− 19,3
	− 7,8	− 16,5	− 24,3	− 31,2
Wattwil				
614 m	4,8	5,8	6,5	7,1
− 24,4	+ 3,4	+ 0,6	− 2,5	− 5,5
+ 63,2	+ 5,4	+ 1,9	− 1,6	− 5,0
	+ 12,6	+ 7,4	+ 2,7	1,4
Weesen o				
424 m	4,7	5,6	6,3	6,9
− 75,1	− 2,9	− 7,7	− 12,3	− 16,8
+ 35,5	− 3,5	− 8,4	13,0	− 17,1
	+ 0,5	− 5,2	− 10,6	− 15,6
Weisstannen				
999 m	4,6	5,4	6,1	6,8
− 49,8	− 6,1	− 13,7	20,6	26,6
+ 84,8	− 8,3	− 15,9	22,6	− 28,3
	− 10,4	− 18,1	− 25,0	− 31,0
Wichtrach × o				
530 m	4,3	5,1	5,7	6,2
− 22,3	+ 19,0	+ 15,3	+ 11,4	+ 7,7
+ 52,1	+ 24,9	+ 20,4	+ 15,9	+ 11,4
	+ 26,0	+ 20,8	+ 15,8	+ 11,2

Station		$T = 80$	100	120	140 km
Wil					
	573 m	4,9	5,9	6,6	7,2
	− 5,1	+ 11,2	+ 10,1	+ 8,2	+ 6,1
	+ 60,6	+ 14,4	+ 12,6	+ 10,5	+ 8,3
		+ 20,6	+ 15,7	+ 14,6	+ 11,7
Winterthur					
	444 m	5,0	6,0	6,7	7,4
	− 8,0	+ 15,4	+ 14,5	+ 13,3	+ 11,6
	+ 46,7	+ 20,3	+ 18,3	+ 16,2	+ 14,3
		+ 24,8	+ 22,3	+ 19,7	+ 17,4
Wohlen					
	431 m	5,0	6,0	6,8	7,4
	− 4,9	+ 19,8	+ 19,0	+ 17,5	+ 15,7
	+ 46,6	+ 22,8	+ 21,6	+ 20,0	+ 17,9
		+ 24,1	+ 21,4	+ 25,0	+ 22,0
Wolhusen					
	574 m	4,7	5,6	6,4	6,9
	− 13,0	+ 13,5	+ 10,7	+ 7,7	+ 4,4
	+ 62,5	+ 15,5	+ 12,4	+ 9,4	+ 6,2
		+ 21,5	+ 17,3	+ 13,1	+ 8,6
Yverdon					
	432 m	4,2	5,1	5,7	6,1
	+ 2,5	+ 32,1	+ 29,5	+ 26,7	+ 23,8
	+ 45,8	+ 35,7	+ 32,6	+ 29,3	+ 25,9
		+ 37,4	+ 33,6	+ 29,9	+ 26,4
Zermatt × o					
	1603 m	3,4	3,9	4,4	4,7
	+ 35,5	+ 54,3	+ 39,9	+ 27,9	+ 17,9
	+ 143,4	+ 36,9	+ 25,9	+ 16,3	+ 8,0
		+ 19,6	+ 7,6	+ 2,7	− 4,3
Zürich × o					
	465 m	5,0	6,0	6,7	7,3
	− 12,4	+ 14,4	+ 13,6	+ 12,1	+ 10,2
	+ 46,9	+ 18,6	+ 16,8	+ 14,6	+ 12,3
		+ 25,0	+ 22,1	+ 19,0	+ 16,0
Zweisimmen					
	943 m	4,2	5,0	5,6	6,0
	+ 17,8	+ 40,4	+ 32,2	+ 25,7	+ 19,4
	+ 97,4	+ 36,6	+ 29,6	+ 23,3	+ 17,6
		+ 31,6	+ 26,0	+ 20,4	+ 14,8

IV. Diskussion der Ergebnisse.

Bei der Aufstellung des Ausdruckes für die isostatische Schwereanomalie

$$g - \gamma \equiv g - \gamma_0 + \Delta g - \Delta g_i - x_i$$

haben wir die isostatische Normalschwere γ_i eingeführt:

$$\gamma_i = \gamma_0 + x_i .$$

Zur Berechnung von γ_0 ist die Helmert'sche Formel des Jahres 1901 verwendet worden; um diesen Wert auf die neuere Formel von 1915 umzurechnen, hat man noch die Differenz γ_0 (1915) minus γ_0 (1901) zu berücksichtigen; bezeichnen wir diese mit x_0, so ist:

$$\gamma_i = \gamma_0 + x_0 + x_i .$$

Diese Normalschwere γ_i entspricht einem Niveausphäroid, dem der gleiche Potentialwert wie dem Geoid im Meeresniveau zukommt. Die Höhen der Schwerestationen sind vom Meeresniveau aus gerechnet; um vom Wert γ_i im Niveausphäroid zum Wert γ in der Stationshöhe überzugehen, hat man zuerst γ_i auf das Geoid umzurechnen und dann die Korrektion $-\Delta g + \Delta g_i$ anzubringen, die die Stationshöhe und die Massenverteilung berücksichtigt. Die Reduktion vom Niveausphäroid auf das Geoid kann nicht berechnet werden, weil die Erhebung N des Geoides über das Niveausphäroid nicht bekannt ist. Wenn wir aber von den Änderungen, welche die Erhebung N innerhalb des schweizerischen Gebietes erleidet, absehen, so können wir ihr dadurch Rechnung tragen, dass wir γ_0 eine weitere konstante Korrektion x_N zufügen, und demgemäss setzen:

$$\gamma_i = \gamma_0 + x_0 + x_i + x_N$$

oder wenn wir die Summe der 3 Korrektionen mit x_γ bezeichnen:

$$\gamma_i = \gamma_0 + x_\gamma .$$

An den beobachteten Schwerewerten anderseits hat man eine konstante Korrektion anzubringen, weil der Ausgangswert der Referenzstation Basel, auf welche sich sämtliche Bestimmungen der Schwere beziehen (13a), möglicherweise einer Verbesserung bedarf; wir bezeichnen diese mit x_g.

Die Beziehung zwischen den beobachteten und berechneten Schwerewerten nimmt somit unter der Bedingung, dass die beobachteten Werte fehlerfrei sind, und dass die Voraussetzungen, unter welchen die Wirkung der kompensierenden Massen berechnet werden, der Wirklichkeit entsprechen, die folgende Form an:

$$g + x_g = \gamma_0 + x_\gamma - \Delta g + \Delta g_i .$$

Die beiden erwähnten Bedingungen werden nun nicht erfüllt sein. Um auszudrücken, dass die beobachteten Werte durch Beobachtungsfehler entstellt sein können, setzen wir an Stelle von $g \ldots$ $g + v_g$, indem v_g den Beobachtungsfehler im Sinn einer Verbesserung bezeichnen soll.

Die berechneten Beträge von Δg und Δg_i sind aus zwei Gründen fehlerhaft; nämlich erstens wegen der unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Berechnung, und zweitens wegen der Existenz von störenden, d. h. isostatisch nicht kompensierten Massen. Jenen tragen wir Rechnung durch Beifügung eines Gliedes v_γ, das sich von Station zu Station in der Hauptsache wie ein zufälliger Fehler verhalten wird, diesen durch Beifügung eines Gliedes δ_γ, das über grössere Gebiete hin den Charakter eines systematischen Fehlers haben kann. Innerhalb des Gebietes von der Ausdehnung eines Kontinentes ist möglicherweise die Verteilung der Werte δ_γ nicht sehr verschieden von der Verteilung eines zufälligen Fehlers; ob das schon innerhalb eines Gebietes von der Ausdehnung der Schweiz der Fall ist, muss von vorneherein als fraglich erscheinen.

Die Beziehung zwischen den beobachteten und berechneten Schwerewerten ist somit in der folgenden Form anzusetzen:

$$g + x_g + v_g = \gamma_0 + x_\gamma - \Delta g + \Delta g_i + v_\gamma + \delta_\gamma$$

oder wenn wir zur Abkürzung schreiben:

$$\gamma = \gamma_0 - \Delta g + \Delta g_i$$
$$x = x_g - x_\gamma$$
$$v = v_g - v_\gamma$$

heisst die Gleichung:

$$g - \gamma + x = v + \delta_\gamma.$$

Unsere Rechnungen gestatten uns, die Werte von $v + \delta_\gamma$ anzugeben, wenn die Tiefe T zu 80, 100, 120 und 140 km, die Fläche A zu 8×8, 64×64 und 128×128 km^2 angenommen und der Konstanten x ein beliebig gewählter Betrag beigelegt wird.

Wenn die nicht kompensierten Schwerestörungen δ_γ den Charakter von zufälligen Fehlern innerhalb des untersuchten Gebietes hätten, so würde man dasjenige System der Werte T, A und x als das plausibelste bezeichnen dürfen, welches die kleinste Summe der Quadrate von $(v + \delta_\gamma)$ liefert.

Um von der zufälligen Verteilung der Schwerestationen unabhängig zu werden, benützen wir zur Bildung der Quadratsumme nicht die für die einzelnen Schwerestationen gültigen Werte von $(v + \delta_\gamma)$, sondern Werte, die sich auf regelmässig verteilte Netzpunkte beziehen. Um deren Werte zu erhalten, wurden die in den Tabellen Seite 26 ff. gegebenen Differenzen $g - \gamma = g - \gamma_0 + \Delta g - \Delta g_i$

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																30	19										
35′													40	35	29	20	15	12	10	7							
47° 30′							47	48	51	50	45	40	34	28	22	16	12	9	6	2	0						
25′							43	42	40	38	35	32	27	21	16	11	6	2	1	−3	−5						
20′							40	37	34	33	31	27	20	13	10	5	−2	−3	−5	−7	−9						
15′						38	36	32	32	29	26	19	10	8	5	0	−5	−7	−10	−9	−11						
10′						35	33	30	26	24	20	12	7	4	1	−5	−7	−12	−15	−15	−18						
5′					32	32	29	25	22	19	15	7	5	0	−4	−8	−10	−15	−20	−24	−27						
47° 0′				29	28	29	26	20	16	13	9	4	2	−2	−7	−12	−14	−17	−23	−28	−35	−41					
55′			34	28	26	26	25	18	14	11	2	−2	0	−4	−8	−16	−14	−23	−27	−34	−44	−42	−39	−33	−24	−18	−14
50′			34	25	22	21	21	18	12	6	−4	−4	−1	−4	−10	−18	−20	−28	−33	−40	−42	−41	−40	−34	−27	−20	−16
45′			32	25	19	16	13	13	10	3	−5	−5	−3	−4	−12	−22	−28	−32	−37	−41	−39	−37	−37	−35	−28	−22	−18
40′		40	32	25	18	13	12	14	10	2	−6	−4	−5	−9	−17	−23	−27	−29	−34	−36	−34	−31	−33	−33	−28	−25	−20
35′	41	38	33	30	19	15	11	15	14	0	−5	−5	−14	−15	−16	−18	−23	−20	−28	−30	−30	−30	−30	−31	−27	−24	−20
46° 30′	40	36	33	30	22	18	14	14	−3	4	−4	−14	−16	−10	−1	1	−10	−14	−18	−20	−21	−22	−25	−25	−20	−18	
25′	36	33			23	16	11	2	−8	−5	−7	−12	−15	−5	4	9	−3	−11	−18	−14	−10	−6	−6	−7	−8		
20′						8	1	−7	−13	−14	−15	−16	−14	−3	12	20	31	5	−10	0	0	0	0	0	0		
15′						−4	−9	−16	−16	−20	−26	−15	−13	0	30	65	60	35	22								
10′						−8	−17	−20	−15	−14	−10	−8	0	30	80	96	81	47									
5′						−12	−22	−17	−11	−2	0	8	19				60	55									
46° 0′						−14	−24	−10	5	10	7																

$g-\gamma$ für $T = 140$ km.
$A = 64 \times 64$ km².

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																29	18										
35′													45	37	30	21	14	13	12	7							
47° 30′							50	51	52	51	48	43	36	30	23	16	11	11	11	5	0						
25′							47	44	43	41	39	35	29	23	18	12	4	6	8	2	−3						
20′							46	39	37	37	34	28	20	16	12	5	−2	−1	4	1	−4						
15′						51	44	37	33	32	28	20	13	8	5	2	−2	−4	1	0	−5						
10′						45	40	33	30	27	22	15	7	4	3	2	−2	−6	−5	−4	−9						
5′					39	38	32	28	25	23	18	13	7	2	−1	0	−1	−5	−8	−9	−19						
47° 0′				39	36	33	28	23	19	18	16	11	7	2	−2	−5	−2	−3	−8	−12	−27	−32					
55′			43	36	32	28	26	20	17	15	10	7	8	7	0	−3	1	−6	−10	−19	−34	−28	−22	−15	−1	4	6
50′			42	32	26	24	21	22	17	11	7	7	10	12	5	−3	1	−10	−20	−30	−31	−23	−21	−13	0	5	6
45′			38	27	23	21	19	22	19	10	5	9	14	17	5	−3	−7	−15	−23	−27	−24	−17	−15	−10	−2	1	3
40′		45	38	27	22	19	19	25	25	12	6	12	18	14	5	−3	−7	−10	−18	−20	−19	−12	−7	−5	−3	−2	0
35′	52	46	38	32	24	20	23	27	29	15	14	18	15	7	7	0	−3	−1	−8	−10	−12	−9	−5	−5	−3	−2	0
46° 30′	50	43	35	34	26	27	28	25	18	21	17	14	12	8	20	16	6	4	3	1	1	4	−2	−2	−1	1	
25′	44	37			26	26	27	20	9	15	17	12	8	15	24	22	15	7	6	5	8	14	9	6	6		
20′						17	20	11	4	6	8	4	6	15	29	42	42	20	9	11	17	20	21	16	15		
15′						9	6	0	0	2	−1	5	4	14	46	75	70	44	30								
10′						8	0	−2	4	13	16	15	14	39	86	106	79	85									
5′						6	−3	3	15	27	35	35	39				69	59									
46° 0′						4	0	15	31	39	45																

g–γ für $T = 100$ km.
$A = 8 \times 8$ km².

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																27	17										
35′													45	37	28	19	14	11	8	5							
47° 30′							48	51	52	50	46	42	35	28	22	14	10	9	7	3	−1						
25′							44	44	41	41	38	34	27	23	17	10	4	4	3	−1	−5						
20′							45	38	36	35	33	25	18	15	12	5	−3	−3	−2	−3	−7						
15′						48	42	34	32	30	26	16	9	8	5	0	−4	−5	−4	−4	−9						
10′						42	36	31	28	26	21	11	7	3	−1	−3	−5	−8	−10	−8	−15						
5′					37	36	31	25	23	20	16	8	5	−1	−6	−5	−5	−8	−13	−16	−24						
47° 0′				35	33	31	26	22	17	15	12	8	4	−2	−6	−9	−8	−10	−15	−20	−32	−40					
55′			39	33	29	27	24	18	13	12	8	2	3	2	−3	−9	−5	−14	−17	−27	−41	−36	−31	−28	−20	−9	−4
50′			39	28	23	21	17	19	13	8	3	3	4	4	1	−7	−5	−15	−25	−36	−38	−33	−29	−25	−15	−6	−4
45′			35	25	20	16	16	16	13	5	−1	2	6	8	−1	−12	−15	−22	−30	−34	−33	−29	−26	−22	−13	−7	−5
40′		42	35	25	18	15	14	19	17	4	−2	6	8	4	−4	−13	−17	−20	−26	−29	−28	−22	−22	−21	−14	−12	−11
35′	48	42	34	28	19	15	17	23	21	8	6	7	4	−1	−3	−6	−13	−13	−16	−19	−22	−17	−19	−20	−18	−16	−13
46° 30′	46	40	32	30	21	22	23	19	10	14	7	3	2	0	11	10	−1	−4	−6	−9	−10	−7	−11	−16	−15	−10	
25′	41	34			22	21	21	11	2	5	5	2	−2	7	16	17	9	−2	−3	−4	−1	3	1	−5	−7		
20′						11	10	3	−5	−6	−5	−6	−3	7	22	37	35	12	2	3	8	11	10	5	3		
15′						4	−4	−8	−7	−9	−15	−5	−3	7	40	70	62	37	23								
10′						−2	−9	−11	−7	0	5	7	9	30	86	102	77	51									
5′						−5	−13	−6	5	20	23	25	31				62	54									
46° 0′						−7	−11	6	22	30	29																

$g-\gamma$ für $T = 120$ km.
$A = 8 \times 8$ km².

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																26	17										
35′													41	35	28	19	12	9	7	4							
47° 30′							45	48	48	47	44	40	33	28	21	14	8	7	4	1	−4						
25′							42	39	39	39	36	32	25	20	15	10	0	1	0	−3	−8						
20′							41	36	35	33	31	24	17	13	9	3	−5	−5	−3	−6	−11						
15′						45	39	32	31	28	24	16	9	5	2	−2	−7	−8	−8	−8	−15						
10′						39	33	28	26	23	19	9	3	0	−3	−7	−8	−10	−14	−13	−20						
5′					35	33	28	23	20	18	13	7	2	−4	−8	−10	−9	−13	−19	−22	−31						
47° 0′				30	28	28	25	20	15	13	9	4	1	−5	−9	−16	−12	−16	−22	−27	−41	−46					
55′			35	27	25	23	22	16	11	9	2	−2	−1	−3	−8	−16	−11	−21	−25	−34	−47	−43	−38	−35	−25	−15	−14
50′			35	24	20	17	15	14	8	4	−3	−4	−1	−3	−6	−16	−15	−25	−32	−44	−45	−41	−37	−33	−24	−15	−14
45′			32	22	17	13	13	12	8	0	−6	−4	−1	1	−7	−19	−24	−31	−38	−43	−40	−35	−33	−30	−23	−17	−15
40′		39	32	22	16	10	11	15	12	−1	−8	−1	−1	−3	−12	−21	−26	−29	−34	−35	−36	−30	−28	−26	−23	−23	−20
35′	45	39	32	24	18	14	13	16	15	2	−2	−1	−3	−10	−10	−13	−22	−22	−25	−28	−30	−30	−26	−26	−23	−23	−22
46° 30′	42	35	29	26	18	18	16	10	2	7	1	−6	−8	−6	2	2	−11	−13	−15	−18	−18	−19	−24	−24	−22	−22	
25′	36	30			18	16	16	5	−7	−2	−3	−8	−11	−3	7	9	1	−7	−11	−13	−9	−5	−8	−15	−17		
20′						6	5	−5	−13	−14	−13	−15	−9	−2	14	29	29	8	2	−2	1	8	7	1	−2		
15′						−4	−13	−18	−17	−17	−21	−15	−12	0	38	67	59	32	20								
10′						−8	−18	−20	−15	−7	−2	−1	2	30	80	101	70	43									
5′						−12	−22	−16	−5	5	12	15	25				60	49									
46° 0′						−13	−20	−5	8	16	21																

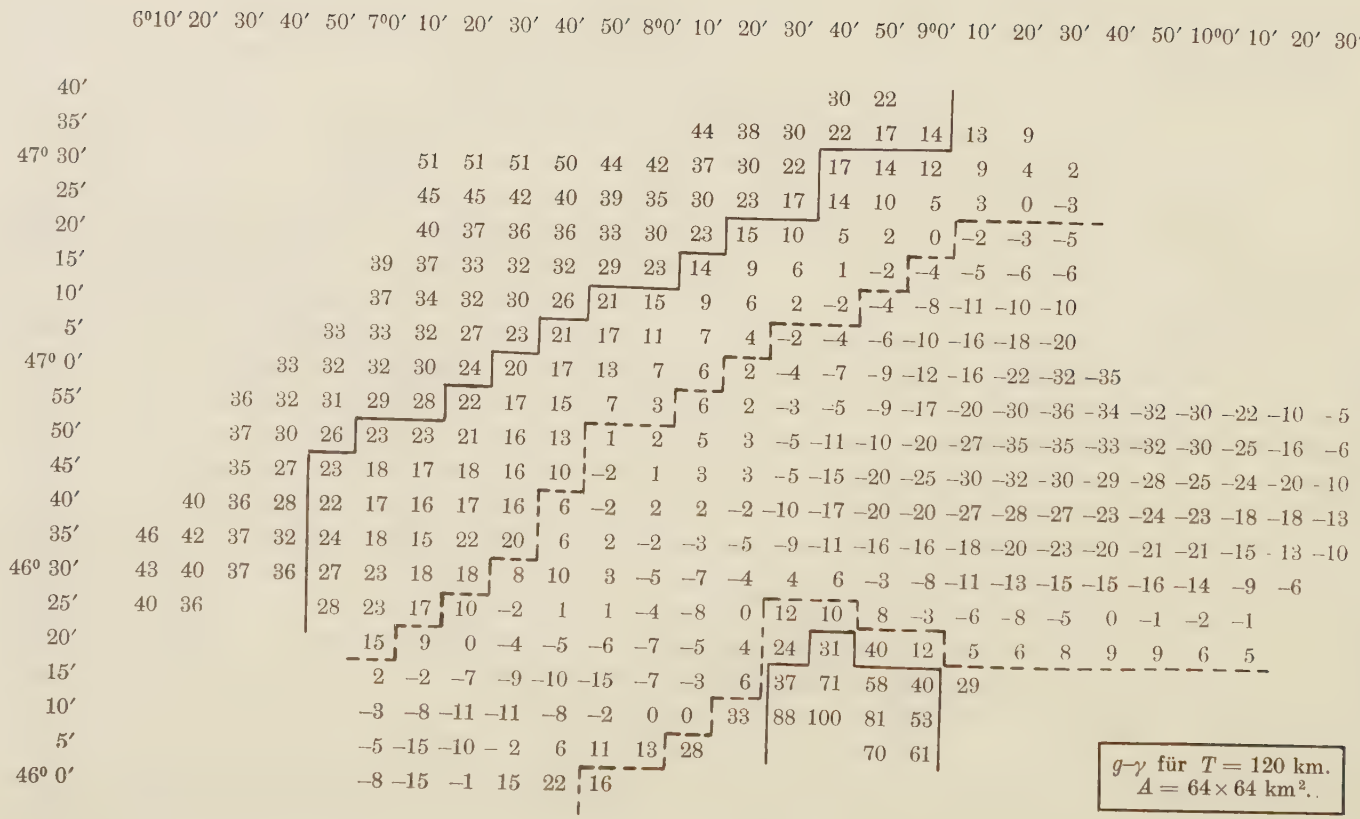
$g-\gamma$ für $T = 140$ km.
$A = 8 \times 8$ km^2.

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																34	24										
35′													46	42	34	28	20	17	15	13							
47° 30′							52	53	55	51	48	44	39	33	28	22	18	15	14	10	6						
25′							47	46	45	43	40	37	32	25	21	16	13	11	9	6	4						
20′							45	41	39	39	37	32	25	19	15	11	7	7	6	4	2						
15′						43	41	37	36	35	32	25	18	13	12	8	5	4	3	3	3						
10′						42	40	35	34	32	27	21	14	12	9	7	4	0	−2	0	0						
5′					39	40	37	32	30	28	24	18	13	11	6	5	4	1	−3	−5	−10						
47° 0′				37	38	38	35	30	27	25	22	14	10	10	9	3	3	0	−3	−8	−18	−20					
55′			40	37	35	35	35	30	25	23	17	10	10	17	12	4	6	−2	−5	−12	−21	−18	−14	−10	0	11	16
50′			42	35	32	31	30	31	26	20	16	10	18	18	13	5	5	−4	−10	−17	−18	−15	−12	−8	0	9	15
45′			42	35	30	28	26	26	27	21	14	17	21	21	11	4	0	−7	−12	−15	−12	−8	−7	−6	1	5	10
40′		45	42	36	29	25	25	29	28	21	13	24	19	17	10	3	0	−1	−8	−8	−8	−4	−2	−5	2	5	7
35′	49	47	44	38	30	26	27	35	34	22	20	19	15	15	10	8	4	4	0	−2	−3	0	1	−1	3	6	8
46° 30′	48	47	44	42	34	33	33	30	22	28	24	15	12	14	25	24	15	12	10	4	5	6	2	3	5	9	
25′	45	43			37	33	34	24	17	21	20	16	13	20	30	31	23	18	12	9	14	22	17	12	12		
20′						27	23	20	16	13	13	13	15	22	37	50	50	29	20	22	24	24	22	19	18		
15′						17	15	12	14	10	3	15	16	27	65	90	78	54	40								
10′						15	12	10	13	15	19	20	20	52	105	110	95	64									
5′						14	5	15	20	30	32	36	50				82	70									
46° 0′						10	6	20	38	41	37																

$g-\gamma$ für $T = 80$ km.
$A = 64 \times 64$ km^2.

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																32	23										
35′													44	38	32	25	18	16	14	12							
47° 30′							51	53	52	49	46	42	35	32	25	19	17	14	12	8	4						
25′							46	48	44	42	39	36	32	26	18	16	12	9	6	3	1						
20′							44	41	37	37	35	32	25	18	14	10	4	3	2	1	−1						
15′						42	40	35	34	33	31	24	17	12	8	5	2	1	0	−1	−2						
10′						39	37	33	30	29	24	17	13	8	6	1	0	−4	−6	−5	−4						
5′					36	37	34	29	27	25	21	13	10	6	2	−2	−1	−5	−10	−11	−17						
47° 0′				36	36	34	32	27	24	22	18	11	7	6	2	−3	−3	−5	−11	−15	−25	−27					
55′			39	37	34	32	30	26	22	18	12	7	8	9	3	−2	0	−9	−13	−22	−30	−27	−24	−21	−9	0	4
50′			39	34	30	27	26	26	22	16	8	6	11	11	4	−3	−4	−13	−19	−26	−27	−25	−23	−18	−8	−3	2
45′			39	33	27	23	22	24	23	14	5	8	11	11	2	−6	−10	−17	−21	−24	−22	−20	−20	−15	−8	−5	−2
40′		43	39	32	25	21	19	24	26	13	5	11	8	5	−3	−8	−12	−13	−18	−18	−18	−13	−13	−13	−8	−6	−3
35′	47	44	42	37	27	23	23	26	27	14	8	10	4	4	2	0	−7	−6	−9	−10	−14	−11	−11	−12	−7	−6	1
46° 30′	46	43	41	40	31	28	27	22	15	19	13	5	2	5	15	15	5	2	−2	−4	−4	−5	−8	−7	−3	2	
25′	43	38			33	27	25	18	8	11	10	6	1	10	19	21	13	5	2	2	5	10	10	9	10		
20′						21	18	8	4	6	4	2	4	12	28	39	45	19	11	14	15	16	16	16	17		
15′						10	5	1	1	0	−8	3	6	17	45	77	71	50	34								
10′						6	2	-2	0	4	7	10	12	45	98	109	92	59									
5′						4	−5	2	8	17	20	22	40				78	65									
46° 0′						−1	−5	9	23	30	27																

$g \cdot \gamma$ für $T = 100$ km.
$A = 64 \times 64$ km^2.



g–γ für $T = 120$ km.
$A = 64 \times 64$ km².

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																30	19										
35′													47	40	31	22	15	13	12	7							
47° 30′							50	52	53	52	50	45	38	30	24	17	13	12	10	5	1						
25′							48	45	44	43	41	36	30	24	18	13	6	7	8	4	0						
20′							48	42	39	38	34	30	22	17	13	8	3	3	5	3	−1						
15′						53	46	39	36	33	30	22	14	11	8	4	2	2	3	2	−2						
10′						47	41	35	32	29	24	16	10	7	4	3	2	−1	0	1	−5						
5′					44	40	35	30	27	25	20	15	9	5	2	1	5	1	−3	−5	−11						
47° 0′				42	38	36	31	27	22	22	19	14	9	7	3	1	5	3	−2	−6	−20	−23					
55′			45	39	34	32	28	25	19	18	16	11	12	13	7	3	8	2	−2	−11	−27	−18	−9	−4	9	17	19
50′			45	35	29	26	24	26	20	16	13	13	17	19	12	5	10	0	−10	−20	−22	−13	−10	−2	11	18	19
45′			42	29	26	23	23	26	25	16	12	17	22	27	15	7	2	−4	−13	−17	−14	−6	−2	1	12	16	17
40′		49	41	29	25	23	24	31	29	18	13	23	28	25	16	6	3	0	−6	−10	−8	0	5	4	10	10	15
35′	57	49	40	34	27	24	27	35	36	23	21	29	26	19	19	9	7	8	3	0	−1	3	7	5	7	9	15
46° 30′	53	45	37	36	29	31	36	35	29	30	28	27	24	23	31	25	17	13	14	12	11	15	10	8	10	14	
25′	46	37			31	35	37	30	18	28	28	24	21	25	35	33	25	15	14	16	19	25	22	18	20		
20′						24	30	19	13	18	20	16	20	27	39	50	50	30	19	22	27	33	33	28	26		
15′						17	13	6	11	12	9	17	15	26	55	80	71	50	39								
10′						15	8	9	15	26	30	30	26	51	98	100	80	59									
5′						14	7	16	31	44	47	46	52				69	62									
46° 0′						15	11	32	50	55	57																

$g-\gamma$ für $T = 80$ km.
$A = 8 \times 8$ km².

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																38	25										
35′													47	40	37	32	23	21	19	17							
47° 30′							53	57	60	57	52	47	39	36	33	27	19	22	18	15	12						
25′							51	49	48	47	46	41	34	29	27	24	14	18	15	13	10						
20′							47	45	45	44	42	37	28	23	22	18	12	13	13	11	8						
15′						46	44	41	42	40	39	30	23	21	18	15	8	11	10	8	7						
10′						44	43	40	38	38	33	26	21	18	16	11	6	6	4	4	0						
5′					40	42	41	37	34	33	29	23	19	14	10	7	3	2	2	-4	-7						
47° 0′				38	39	41	40	35	32	28	25	18	17	12	7	3	3	-4	-7	-10	-19	-20					
55′			40	37	37	38	38	34	28	26	19	15	16	10	5	-2	2	7	-10	-18	20	-25	-21	-20	-11	-2	2
50′			42	37	35	34	34	34	27	22	12	12	15	11	4	-4	5	-10	-19	-26	-26	25	-23	22	-10	-4	2
45′			43	37	33	29	28	27	23	18	8	10	12	12	2	-8	-13	-18	-23	-26	-23	-20	21	-19	-9	2	4
40′		45	44	38	32	27	26	26	24	16	9	11	10	6	0	11	14	15	21	21	21	-15	-15	-16	-8	0	8
35′	49	48	47	41	35	30	26	30	28	14	11	10	5	0	-2	-5	8	-8	-12	-12	-17	-13	15	-18	5	7	9
46° 30′	48	48	46	45	36	34	30	27	13	17	10	0	-2	-2	13	16	5	2	-4	-6	-7	-4	11	7	1	10	
25′	46	45			40	33	26	18	4	7	5	1	-2	10	18	20	13	8	2	1	5	9	7	8	10		
20′						23	20	8	-1	-2	-4	-4	2	11	30	40	42	20	8	10	15	19	20	20	19		
15′						13	6	-2	-6	-9	-15	-4	2	19	50	80	73	52	35								
10′						7	1	-7	-5	-2	0	4	8	46	100	110	97	70									
5′						3	-8	-3	2	10	15	20	40				90	74									
46° 0′						-2	-9	2	13	22	16																

$g-\gamma$ für $T = 80$ km.
$A = 128 \times 128$ km².

	10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																34	23										
35′													47	42	36	28	22	18	16	13							
47° 30′							53	55	57	52	49	45	40	35	29	24	19	16	14	11	9						
25′							48	47	46	45	43	40	35	27	24	21	15	13	12	9	6						
20′							45	42	42	41	40	37	27	20	19	16	10	8	7	6	3						
15′						44	41	38	38	38	36	30	19	18	16	12	7	4	3	2	1						
10′						42	38	36	35	34	30	24	23	18	15	10	6	3	0	−2	−5						
5′					37	38	37	33	31	29	25	19	15	12	6	2	1	−4	−8	−10	−13						
47° 0′				35	35	37	35	30	27	24	22	14	10	7	2	−3	−3	−8	−13	−18	−24	−30					
55′			38	34	33	35	33	28	23	22	13	8	9	6	−2	−7	−4	−15	−18	−27	−32	−33	−31	−25	−18	−10	−3
50′			39	33	32	29	29	28	22	15	7	6	7	5	−4	−10	−10	−19	−27	−32	−35	−34	−32	−28	−22	−14	−10
45′			37	33	28	24	23	23	21	11	3	3	5	4	−7	−14	−20	−26	−30	−33	−32	−30	−30	−28	−22	−17	−12
40′		42	40	35	27	22	22	22	20	9	−1	4	2	−5	−10	−18	−20	−22	−27	−28	−29	−24	−26	−26	−22	−18	−14
35′	45	45	42	40	29	25	21	25	21	7	2	0	−7	−7	−10	−10	−17	−15	−20	−24	−25	−23	−25	−25	−20	−18	−11
46° 30′	45	43	42	41	34	29	24	22	7	8	0	−6	−10	−8	4	3	−3	−7	−12	−15	−15	−14	−18	−20	−16	−10	
25′	43	40			33	26	20	11	−4	−3	−3	−8	−12	−1	10	15	5	−1	−8	−7	−4	0	−2	−6	−7		
20′						16	10	0	−8	−10	−11	−13	−8	3	20	35	41	20	10	9	7	8	6	3	0		
15′						4	0	−11	−13	−16	−22	−12	−10	8	38	75	70	46	30								
10′						−1	−8	−15	−14	−11	−9	−5	0	40	91	105	91	60									
5′						−6	−16	−12	−9	2	5	8	18				78	65									
46° 0′						−8	−18	−7	8	10	12																

g–γ für $T = 100$ km.
$A = 128 \times 128$ km^2.

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																33	23										
35′													45	39	34	27	19	16	14	12							
47° 30′							52	53	54	50	47	44	38	34	27	22	17	15	12	8	6						
25′							46	45	44	44	42	38	33	27	22	18	13	10	7	5	3						
20′							42	40	39	39	37	33	27	23	18	12	6	4	3	1	−1						
15′						40	39	36	35	34	33	27	20	17	13	6	2	1	−2	−3	−4						
10′						38	35	34	31	30	27	19	14	12	7	2	−2	−5	−8	−8	−8						
5′					35	34	33	29	25	25	22	15	11	7	2	−4	−5	−10	−14	−17	−19						
47° 0′				33	33	33	32	28	22	20	18	9	6	4	−3	−8	−10	−15	−20	−24	−30	−35					
55′			34	32	32	31	29	24	18	16	8	4	4	1	−5	−13	−12	−20	−25	−33	−41	−41	−38	−34	−25	−18	−16
50′			35	30	27	25	24	23	17	10	2	2	2	−3	−8	−17	−16	−28	−35	−40	−43	−42	−41	−35	−29	−20	−17
45′			36	29	25	22	20	17	13	5	−2	−2	−2	−4	−11	−23	−30	−33	−37	−41	−39	−38	−38	−36	−28	−23	−19
40′		40	37	31	24	18	15	16	15	4	−5	−4	−5	−10	−18	−25	−28	−29	−34	−36	−37	−33	−35	−35	−28	−26	−20
35′	43	42	39	33	26	18	17	20	15	1	−2	−10	−15	−20	−17	−20	−24	−25	−27	−29	−32	−30	−35	−31	−27	−27	−22
46° 30′	43	41	38	36	28	23	20	15	0	2	−4	−15	−17	−15	−4	0	−10	−14	−18	−20	−23	−25	−28	−25	−22	−22	
25′	41	37			28	20	14	2	−12	−10	−11	−17	−18	−7	3	8	−2	−9	−15	−16	−13	−9	−8	−8	−9		
20′						12	2	−6	−16	−17	−19	−21	−16	−3	12	25	30	15	2	0	0	0	0	0	0		
15′						2	−11	−18	−22	−25	−30	−20	−14	0	30	69	62	42	24								
10′						−7	−17	−24	−22	−19	−15	−15	−4	30	83	102	82	53									
5′						−10	−25	−18	−16	−8	−2	4	22				72	63									
46° 0′						−15	−25	−14	0	8	4																

g–γ für $T = 120$ km.
$A = 128 \times 128$ km².

	6°10′	20′	30′	40′	50′	7°0′	10′	20′	30′	40′	50′	8°0′	10′	20′	30′	40′	50′	9°0′	10′	20′	30′	40′	50′	10°0′	10′	20′	30′
40′																31	20										
35′													42	37	31	23	17	15	12	9							
47° 30′							48	52	52	47	45	40	35	31	24	18	15	13	10	6	2						
25′							44	46	42	40	38	35	32	25	19	13	8	6	5	1	−2						
20′							40	38	37	36	34	30	24	19	15	7	3	0	−2	−3	−5						
15′						38	37	33	33	32	30	24	18	12	8	3	−2	−4	−6	−7	−8						
10′						36	34	32	29	26	22	16	11	7	4	−3	−4	−9	−12	−13	−16						
5′					31	33	31	27	23	22	18	11	7	3	−3	−8	−9	−15	−18	−22	−27						
47° 0′				30	29	30	27	22	18	15	12	5	1	0	−8	−15	−15	−19	−25	−31	−38	−42					
55′			32	28	26	26	25	19	15	12	5	−3	−2	−4	−11	−18	−17	−28	−31	−42	−47	−48	−45	−42	−35	−29	−25
50′			33	27	23	22	21	18	13	7	−3	−5	−4	−7	−16	−23	−20	−31	−41	−48	−49	−49	−47	−46	−38	−33	−28
45′			32	25	20	17	15	13	10	1	−7	−7	−8	−10	−20	−28	−34	−39	−44	−48	−47	−45	−45	−44	−38	−35	−31
40′		36	33	27	19	14	11	12	8	−3	−12	−9	−10	−17	−26	−32	−36	−36	−42	−45	−43	−41	−38	−39	−38	−34	−32
35′	40	39	37	30	22	15	11	14	10	−5	−10	−13	−17	−20	−25	−30	−31	−30	−34	−38	−40	−40	−38	−42	−37	−35	−30
46° 30′	40	38	34	32	23	18	14	10	−6	−4	−12	−21	−24	−25	−10	−7	−17	−21	−24	−28	−30	−33	−35	−35	−31	−28	
25′	38	32			23	16	7	−2	−19	−17	−17	−22	−26	−18	−2	0	−6	−13	−20	−23	−21	−15	−15	−15	−15		
20′						4	−2	−12	−24	−24	−25	−28	−23	−12	9	30	28	0	0	0	−3	−5	−2	0	0		
15′						−8	−17	−25	−28	−31	−39	−27	−22	−7	32	64	54	30	22								
10′						−12	−24	−29	−29	−25	−21	−20	−9	29	80	93	79	48									
5′						−15	−31	−27	−23	−13	−12	2	23				68	55									
46° 0′						−18	−33	−22	−8	0	−6																

g–γ für $T = 140$ km.
$A = 128 \times 128$ km².

durch Linien gleicher Abweichung graphisch dargestellt. Dieser Darstellung sind die in den vorstehenden 12 Tabellen aufgeführten Werte der isostatischen Anomalien $g - \gamma$ entnommen worden[1]); es sind insgesamt $n = 363$ Netzpunkte.

Diese 12 Tabellen sind:

1. 4 Tabellen für $A = 8 \times 8$ km^2, je eine für $T = 80$, 100, 120 und 140 km.
2. 4 Tabellen für $A = 64 \times 64$ km^2, je eine für $T = 80$, 100, 120 und 140 km.
3. 4 Tabellen für $A = 128 \times 128$ km^2, je eine für $T = 80$, 100, 120 und 140 km.

In allen 12 Fällen treten die algebraisch kleinsten Werte von $g - \gamma$ in der Alpengegend auf[2]); ihre Minimalwerte verlaufen längs der Linie: Vorderrheintal in Graubünden, im Wallis Goms und wenig südlich des Rhonetales. Entfernen wir uns von dieser Linie nach Norden oder Süden, so nehmen die Werte zu; besonders auffällig ist die starke Zunahme südlich des Gotthardgebietes. Neben diesem allgemeinen Verlauf systematischen Charakters sind einzelne Gebiete vorhanden, die mehr oder weniger lokal gestört erscheinen. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass die Kurven plötzlich die Richtung ändern, also stark aus- oder einbuchten, oft sogar ein zweiter selbständiger Kurvenzug entsteht. Diese Störungsgebiete sind in allen 12 Fällen ungefähr dieselben, nämlich:

Der südliche Jura beim Genfersee und die Umgebung von Basel treten durch positive Schwereanomalien im Betrag von 0,040 bis 0,050 cm $\times$ sec^{-2} hervor, während der mittlere Teil des Jura beim Neuenburgersee um 10 bis 20 Einheiten der dritten Dezimale zurückbleibt. Eine besondere Stellung nimmt das Gebiet der Freiburger Voralpen ein; es stört den regelmässigen Verlauf der Kurven durch seine kleineren Abweichungen gegenüber der Umgebung, das gleiche gilt für die Umgebung von Interlaken, während im Berner Oberland bei Kandersteg und im Haslital, ferner im Gebiet des Klausenpass die Anomalien zu gross sind im Vergleich mit den Werten der Umgebung.

An allen Werten $g - \gamma$ ist noch die gemeinsame Korrektion x anzubringen. Diese ist gleichzeitig mit der Ermittlung der Werte von T und A zu bestimmen, auf Grund der Bedingung, dass $[(v + \delta_\gamma)^2]$ ein Minimum werden soll.

[1]) Über die Bedeutung der ausgezogenen und unterbrochenen Linien zwischen den Zahlen siehe Text Seite 67 unten.

[2]) Vergl. Fig. 18, Seite 74.

Die Quadratsummen $[(g-\gamma+x)^2]$ sind unter folgenden Annahmen von x abgeleitet worden:

$$x = +30, +20, +10, 0, -10, -20, -30 \times 10^{-3} \text{ cm} \times \text{sec}^{-2}.$$

In der folgenden Tabelle (Seite 64) sind die Beträge des Quotienten „Quadratsumme dividiert durch die Zahl n der Netzpunkte" unter der Bezeichnung μ^2 zusammengestellt.

Diese Werte von μ^2 für $n = 363$ sind in den Figuren 1, 2, 3 graphisch dargestellt; es ist daraus folgendes abzulesen.

Dem kleinsten Wert von μ^2 entspricht:

Fig. 1: $A = 8 \times 8$ km^2; $x = -20 \times 10^{-3}$ cm $\times$ sec^{-2};
$\mu^2 = 35 \times 10^{-5}$ (cm $\times$ sec^{-2})^2; $T = 80$ km.

Fig. 2: $A = 64 \times 64$ km^2; $x = -20 \times 10^{-3}$ cm $\times$ sec^{-2};
$\mu^2 = 37 \times 10^{-5}$ (cm $\times$ sec^{-2})^2; $T = 80$ km.

Fig. 3: $A = 128 \times 128$ km^2; $x = -16 \times 10^{-3}$ cm $\times$ sec^{-2};
$\mu^2 = 51 \times 10^{-5}$ (cm $\times$ sec^{-2})^2; $T = 80$ km.

Das absolute Minimum ist offenbar nicht mehr in den Figuren enthalten; eine abschätzende Extrapolation ergibt dafür:

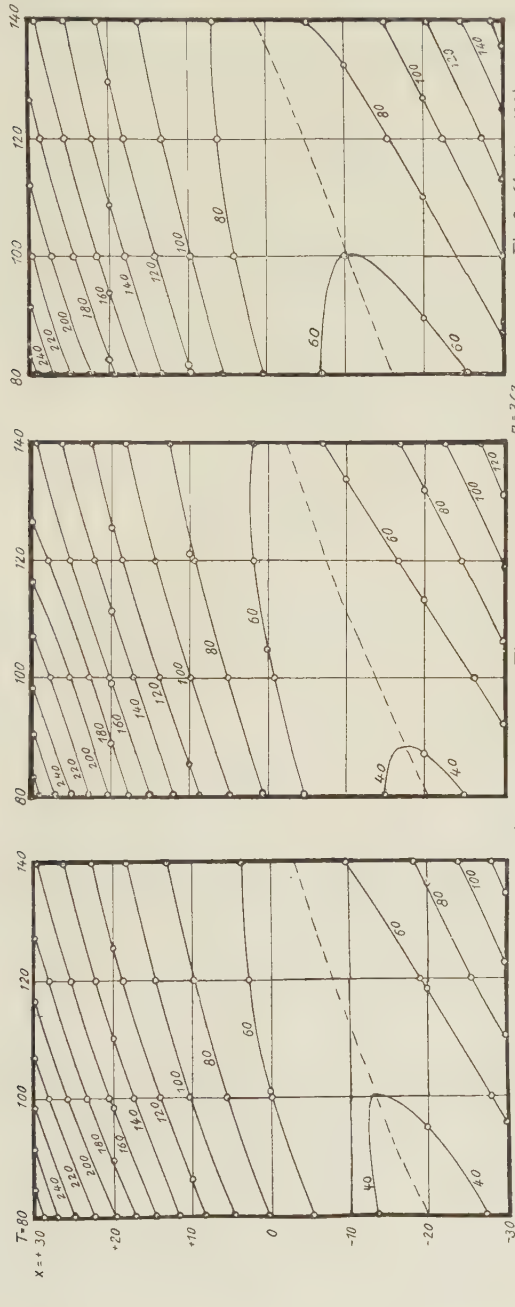
$$A = 8 \times 8 \text{ km}^2;\ T \sim 60 \text{ km};\ x = -30 \times 10^{-3} \text{ cm} \times \text{sec}^{-2};$$
$$\mu^2 = 33 \times 10^{-5} \text{ (cm} \times \text{sec}^{-2})^2.$$

Hiernach wäre die Ausgleichsfläche in eine Tiefe von 60 km zu setzen, und der Wert $A = 8 \times 8$ km^2 würde besagen, dass man eher lokale als regionale Kompensation anzunehmen hat. Diese Werte von T und A dürften aber nur dann als plausibelste Werte gelten, wenn die übrigen, bleibenden Fehler $(v + \delta_\gamma)$ das Verteilungsgesetz zufälliger Fehler befolgen würden. Wir haben auf Seite 62 die 12 graphischen Bilder der Werte $g - \gamma$ kurz besprochen. Greifen wir die Tabelle heraus, auf der die isostatischen Anomalien für $T = 80$ km, $A = 8 \times 8$ km^2 und $x = 0$ dargestellt sind. Wenn wir $x = -30$ berücksichtigen, wird das Kurvenbild nicht geändert; wir müssen einfach von jeder Zahl 30 Einheiten subtrahieren; $g - \gamma = +30$ entspricht dann $g - \gamma + x = 0$ für $x = -30$. Wir benützen diese Tabelle, weil ihre Werte genau berechnet sind und den Voraussetzungen des extrapolierten Systems am nächsten kommen. Das Kurvenbild zeigt, dass die Werte $g - \gamma + x = v + \delta_\gamma$ nicht in zufälliger Weise verteilt sind, und dass die Hauptbeträge als Störungen δ_γ des isostatischen Gleichgewichtes zu deuten sind. Dann können aber die abgeleiteten Werte der Unbekannten A, T und x nicht mehr als plausible Werte, die einen physikalischen Zustand rein

$$\mu^2 = \frac{[(g\ \gamma + x)^2]}{n} \text{ in Einheiten von } 10^{-6} (\text{cm} \times \text{sec}^{-2})^2$$

		$A = 8 \times 8$				$A = 64 \times 64$				$A = 128 \times 128$			
		$T = 80$	100	120	140	80	100	120	140	80	100	120	140
	$x = 30$	2933,2	2352,5	1934,6	1622,0	2877,4	2354,8	1924,3	1625,8	2669,7	2208,6	1882,5	1633,3
	20	2016,6	1568,9	1271,2	1066,8	1976,0	1579,6	1272,1	1078,8	1841,1	1506,6	1288,1	1141,7
	10	1300,0	985,3	807,8	711,6	1274,6	1004,4	819,9	731,8	1212,5	1004,6	893,7	850,1
$n = 363$	0	783,4	601,7	544,4	556,4	773,2	629,2	567,7	584,8	783,9	702,6	699,3	758,5
	−10	466,8	418,1	481,0	601,2	471,8	454,0	515,5	637,8	555,3	600,6	704,9	866,9
	−20	350,2	434,5	617,6	846,0	370,4	478,8	663,3	890,8	526,7	698,6	810,5	1175,3
	−30	433,6	650,9	954,2	1290,8	469,0	703,6	1011,1	1343,8	698,1	996,6	1316,1	1683,7
	30	2150,6	1495,2	1052,4	764,1	1990,5	1431,7	1011,6	743,6	1615,2	1178,2	893,7	704,2
	20	1367,4	873,0	573,8	410,3	1238,3	829,5	552,6	405,0	974,6	683,0	521,1	447,6
	10	784,2	450,8	295,2	256,5	686,1	427,3	293,6	266,4	534,0	387,8	348,5	391,0
$n = 274$[1])	0	401,0	228,6	216,6	302,7	333,9	225,1	234,6	327,8	293,4	292,6	375,9	534,4
	−10	218,8	206,4	338,0	548,9	181,7	222,9	375,6	589,2	252,8	397,4	603,3	877,8
	−20	234,6	384,2	659,4	995,1	229,5	420,7	716,6	1050,6	412,2	702,2	1030,7	1431,2
	−30	451,4	762,0	1180,8	1641,3	477,3	818,5	1257,6	1712,0	771,6	1207,0	1658,1	2164,6
	30	1915,0	1168,7	697,5	408,8	1603,0	992,3	577,5	338,6	1012,3	583,8	361,7	247,4
	20	1185,4	634,7	335,5	196,0	937,6	506,5	258,3	158,8	520,9	263,9	178,7	193,6
	10	655,8	300,7	173,5	183,2	472,2	220,7	139,1	179,0	229,5	143,4	195,7	339,8
$n = 191$[1])	0	326,2	166,7	211,5	370,4	206,8	134,9	219,9	399,2	138,1	223,2	412,7	686,0
	−10	196,6	232,7	449,5	757,6	141,4	249,1	500,7	819,4	246,7	503,0	829,7	1232,2
	−20	267,0	498,7	887,5	1344,8	276,0	563,3	981,5	1439,6	555,3	982,8	1446,7	1978,4
	−30	537,4	964,7	1525,5	2131,7	610,6	1077,5	1612,3	2259,8	1063,9	1662,6	2263,7	2924,6

[1]) Über die Fälle $n = 274$ und $n = 191$ siehe Seite 67ff.


T=80
140
120
100
80
x = + 30
+20
+10
0
-10
-20
-30
n = 363
n = 303
Fig. 3. (A = 128 × 128)
Fig. 2. (A = 64 × 64)
Fig. 1. (A = 8 × 8)

erfassen, betrachtet werden. Sie haben zu einem grossen Teil den Charakter von Parametern, die in formaler Weise gestatten, die beobachteten Schwerwerte darzustellen mit der durchschnittlichen Unsicherheit von $\pm \sqrt{330 \cdot 10^{-6}} = \pm 18 \times 10^{-3}$ cm/sec^{-2}.

Um zu zeigen, dass die Werte $(g - \gamma + x)$ nicht das Verteilungsgesetz zufälliger Fehler befolgen, und um ein Mass dafür anzugeben, wie stark ihre Verteilung vom Gauss'schen Fehlergesetz abweicht, haben wir die Charakteristiken einer Frequenzkurve vom Typus *A* nach den von *Charlier* entwickelten Formeln (24) berechnet, nämlich die Dispersion σ, die mit dem quadratischen Mittelwert μ identisch ist, die Schiefe S und den Exzess E. Werden zu dieser Berechnung die 363 Werte von $g - \gamma + x$, die dem Wertsystem $A = 8 \times 8$, $T = 80$, $x = -19 \times 10^{-3}$ entsprechen, beigezogen, so ergibt sich:

$$\sigma = \pm 19 \times 10^{-3} \text{ cm} \times \text{sec}^{-2}$$
$$S = -0{,}31 \pm 0{,}06$$
$$E = +0{,}17 \pm 0{,}03.$$

S, die Schiefe oder der Dissymmetriekoeffizient genannt, versucht die unsymmetrische Verteilung der Einzelwerte um den Mittelwert mathematisch auszudrücken. Eine negative Schiefe deutet an, dass die Einzelwerte, die kleiner sind als der Mittelwert, häufiger auftreten als die Einzelwerte, die grösser sind als der Mittelwert.

E, der Exzess, berücksichtigt die Verteilung in den einzelnen Klassen; dabei ist ein positiver Exzess in dem Sinn zu deuten, dass um den Mittelwert herum mehr Einzelwerte vorhanden sind, als nach der Gauss'schen Fehlerverteilung zu erwarten sind; dafür sind zu wenig Einzelwerte in den vom Mittelwert nach beiden Seiten entfernteren Klassen vorhanden.

Um die Untersuchung so zu gestalten, dass die Aussicht besteht, für die Unbekannten *A*, *T* und *x* Werte zu erhalten, welchen tatsächlich eine physikalische Bedeutung beigelegt werden kann, stehen zwei Wege offen: Man kann das untersuchte Gebiet erweitern, so dass sich der Einfluss der positiven und negativen Störungen δ_γ in der Ausgleichung aufhebt, oder wir können das untersuchte Gebiet auf diejenigen Teile einschränken, von welchen wir vermuten dürfen, dass isostatische Kompensation vorhanden ist. Auf die Beschreitung des ersten Weges müssen wir verzichten; er könnte nur dann zu einem Erfolg führen, wenn in den an die Schweiz angrenzenden Alpenländern gute Bestimmungen der

Schwerebeschleunigung, die zur Untersuchung beigezogen werden können, vorhanden wären; das ist aber nicht der Fall. Dagegen scheint der zweite Weg gangbar und erfolgversprechend zu sein, wenn wir an der Vorstellung festhalten, dass die Hauptmassen der Alpen isostatisch kompensiert seien. Es handelt sich dann darum, diejenigen an die Haupterhebung der Alpen nord- und südwärts angrenzenden Gebiete auszuschliessen, die als gestört, d. h. als nicht isostatisch kompensiert erscheinen. Zu diesen Gebieten gehört zunächst zweifellos der südliche Teil des Tessins, wo schon in den Bouguer'schen Anomalien gestörte Werte auftreten, ferner die Umgebung von Basel und zum Teil auch der Jura. Wo die Grenze zwischen dem als isostatisch kompensiert anzunehmenden Alpengebiet und dem zum Teil als gestört zu betrachtenden Vorland gezogen werden soll, ist mehr oder weniger eine Sache der willkürlichen Entscheidung. Um zu übersehen, wie sich die zu bestimmenden Werte von A, T und x mit einer Änderung der Grenzlinien zwischen gestörten und ungestörten Gebieten ändern, betrachten wir zwei Fälle der Ausscheidung:

Im ersten Fall legen wir die Grenzlinie im Norden der Alpen ungefähr auf die Kurve, wo die Bouguer'sche Anomalie (siehe Karte in 13d) den Wert -50×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2} annimmt, und im Süden -100×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2}.

Im zweiten Fall legen wir die Grenze im Norden noch näher an den Alpenfuss ungefähr auf die Kurve der Bouguer'schen Anomalie mit dem Wert -80×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2} und im Süden -120×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2}.

Im ersten Fall scheiden alle Werte $g - \gamma$ der Tabellen aus, die ausserhalb der bezeichneten Grenze (in den 12 Tabellen ausgezogene Linien) liegen, und es bleiben noch $n = 274$ Netzpunkte; im zweiten Fall werden entsprechend der enger gezogenen Grenzlinie (auf den 12 Tabellen unterbrochene Linie) noch mehr Zahlenwerte ausgeschieden, und es stehen nur noch $n = 191$ Netzpunkte zur Verfügung.

Für beide Fälle bilden wir wieder die Quadratsumme $[(g - \gamma + x)^2]$ und stellen auch hier den durchschnittlichen Wert $\mu^2 = \frac{[(g - \gamma + x)^2]}{n}$ graphisch dar. Die Figuren 4, 5 und 6 geben den Verlauf für den Fall $n = 274$, die Figuren 7, 8 und 9 für den Fall $n = 191$.

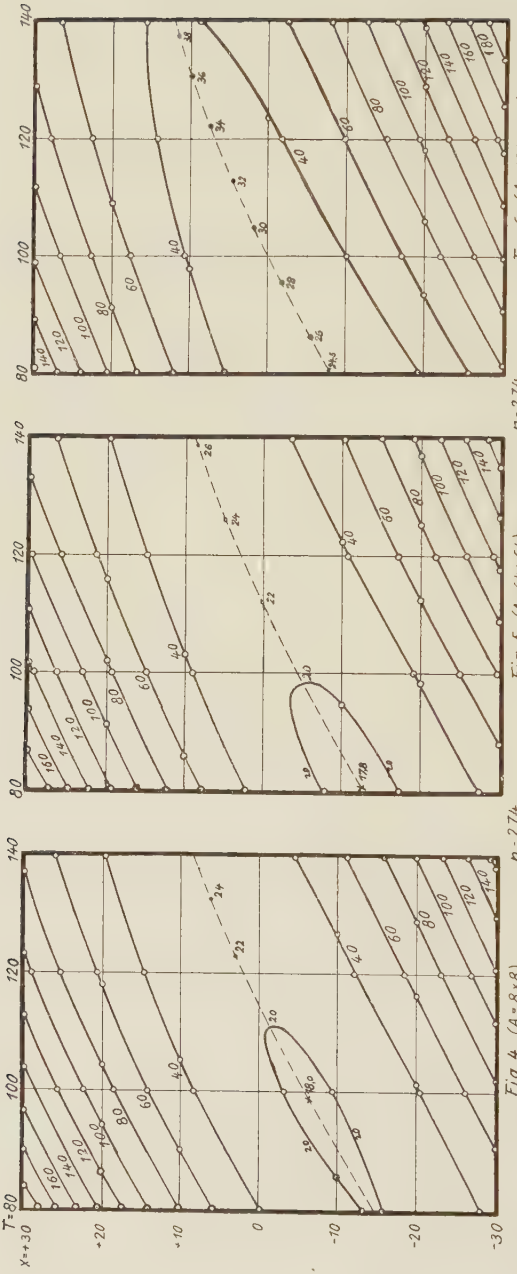


Fig. 4. (A=8×8)

Fig. 5. (A=64×64)

Fig. 6. (A=128×128)

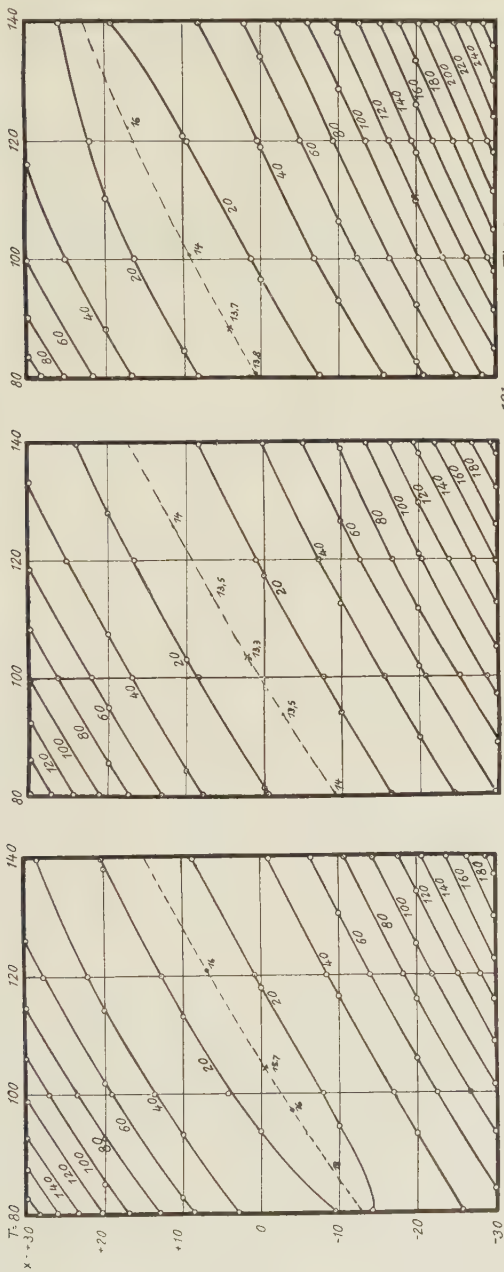


Fig. 7. (A = 8 × 8)

Fig. 8. (A = 64 × 64)

Fig. 9. (A = 128 × 128)

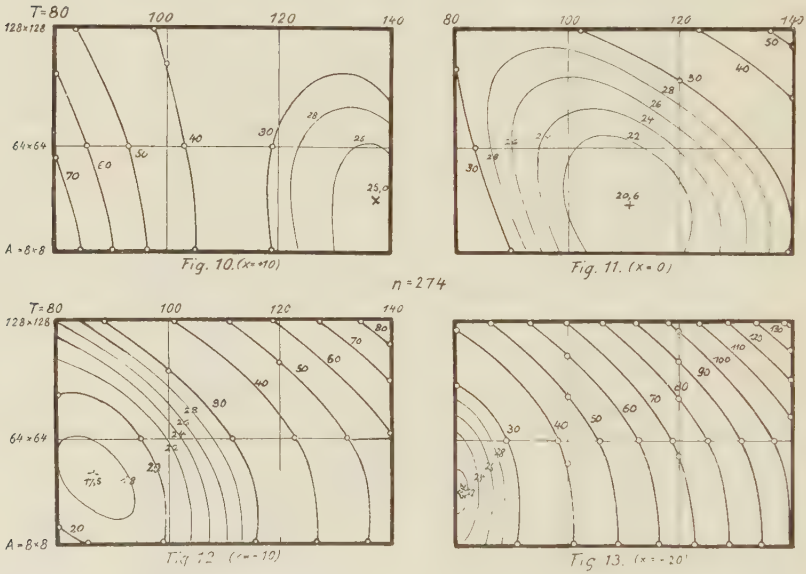
1. Fall $n = 274$.

Die in Fig. 4, 5 und 6 gegebenen Darstellungen zeigen, dass bei

$A = 8\times8$ $T=100$ $x=-.6$ das Min. von $\mu^2=18 \times10^{-5}$
$= 64\times64$ $= 80$ $=-13$ „ „ „ $\mu^2=17{,}8\times10^{-5}$
$=128\times128$ < 80 <-8 $\mu^2<24{,}5\times10^{-5}$.

Im letzten Fall $A = 128 \times 128$ liegt das Minimum so wenig ausserhalb der Grenzen der Darstellung, dass die zu deren Herstellung konstruierten Profile unter geringfügiger Extrapolation die Lage des Minimums zu bestimmen gestatten; es ergibt sich:

$$A = 128 \times 128;\quad T = 73;\quad x = -11;\quad \mu^2 = 24 \times 10^{-5}$$



Der Übergang vom Fall $A = 8 \times 8$, wo $\mu^2 = 18 \times 10^{-5}$ ist, zum Fall $A = 64 \times 64$ ($\mu^2 = 17{,}8 \times 10^{-5}$) bringt somit die isostatische Schwereanomalie in etwas bessere innere Übereinstimmung; im Fall $A = 128 \times 128$ ist der quadratische Mittelwert entschieden grösser. Es besteht allerdings die Möglichkeit, dass ein Wert von A, der zwischen 8×8 und 64×64 liegt, ein noch kleineres Minimum liefern würde. Um Einsicht in diese Möglichkeit zu gewinnen, haben wir die Diagramme der Fig. 10 bis 13 gezeichnet, welche bei konstantem x den Wert von μ^2 als Funktion von $\sqrt{A}$ und T darstellen. Sie ergeben für

Fig. 10:	$x = +10$	$T = 137$	$\sqrt{A}$ ca. 36	$\mu^2 = 25{,}0 \cdot 10^{-6}$
„ 11:	$= +0$	$= 110$	ca. 32	$= 20{,}6 \cdot 10^{-6}$
„ 12:	$= -10$	$= 86$	ca. 45	$= 17{,}5 \cdot 10^{-6}$
„ 13:	$= -20$	$= 80$	ca. 36	$= 21{,}5 \cdot 10^{-6}$

Die Entscheidung, bei welchem Wert von $\sqrt{A}$ das Minimum von μ^2 liegt, fällt natürlicherweise etwas unsicher aus, da der Verlauf der Kurve, welche die Abhängigkeit des Wertes μ^2 von $\sqrt{A}$ bei konstanten Werten von T und x darstellt, nur auf 3 Punkten beruht; der Wert $\sqrt{A} = 45$, für welchen μ^2 ein Minimum ist, soll in dem Sinn aufgefasst werden, dass ein bei $\sqrt{A} = 64$ liegender Wert wahrscheinlicher ist als ein in der Nähe von $\sqrt{A} = 8$ liegender Wert.

Die Frequenzkurve, welche die Verteilung der Einzelwerte darstellt, hat die folgenden Charakteristiken für den Fall

$$x = -13, \quad T = 80, \quad A = 64 \times 64:$$

$$\sigma = 13{,}6 \times 10^{-3} \text{ cm} \times \text{sec}^{-2}$$
$$S = -0{,}50 \pm 0{,}07$$
$$E = +0{,}21 \pm 0{,}04.$$

2. Fall $n = 191$.

Die Abhängigkeit der Fehlerquadratsumme von A, T und x wird in diesem Fall durch die in Fig. 7, 8, 9 gegebenen Diagramme veranschaulicht; sie geben folgende Daten:

Für $A = 8 \times 8$ $T = 104$ $x = 0$ beträgt das Minim. $\mu^2 = 15{,}7 \times 10^{-6}$

$= 64 \times 64$ $= 103$ $= +2$ beträgt das Minim. $\mu^2 = 13{,}3 \times 10^{-6}$

$= 128 \times 128$ $= 88$ $= +4$ beträgt das Minim. $\mu^2 = 13{,}7 \times 10^{-6}$

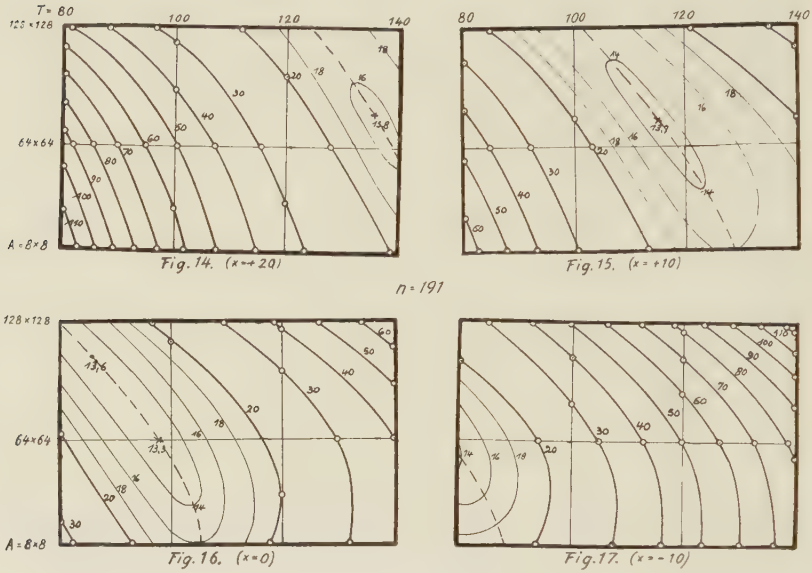
Das Minimum von μ^2 liegt hier in allen drei Fällen innerhalb der Grenzen der Darstellung. Die innere Übereinstimmung ist gegenüber dem vorhergehenden Fall und dem Fall $n = 363$ bedeutend besser geworden, wie folgende Gegenüberstellung zeigt:

$n = 363$	Minimalwert	von μ^2	$= 0{,}000330$ (cm $\times$ sec^{-2})^2
$= 274$	„	„	$= 0{,}000178$ „
$= 191$	„	„	$= 0{,}000133$ „

Es zeigt sich ferner, dass der plausibelste Wert von A in der Nähe des Wertes $A = 64 \times 64$, wenn nicht zwischen diesem und dem Wert 128×128 zu suchen ist. Die Diagramme der Fig. 14

bis 17 (analog den Diagrammen der Fig. 10—13) geben für einen konstanten Wert von x die Abhängigkeit der Werte μ^2 von $\sqrt{A}$ und T; der Minimalwert von μ^2 findet sich bei $x = 0$; die entsprechenden Werte von $\sqrt{A}$ und T sind:

$$\sqrt{A} = 64 \quad T = 100$$



Die Frequenzkurve wird durch folgende Charakteristiken gegeben:

Für $x = 0$ $A = 64 \times 64$ $T = 100$ $\mu = 0{,}0115$; $\mu^2 = 13{,}3 \times 10^{-5}$
$\sigma = 0{,}0117$
$S = + 0{,}13 \pm 0{,}09$
$E = - 0{,}04 \pm 0{,}04.$

Der Wert von S sagt aus, dass die Fehler $v + \delta_\gamma$ nicht ganz symmetrisch verteilt sind; der Exzess E ist nach dem Betrag der Unsicherheit nicht verbürgt; es folgt demnach die Frequenzkurve, von der kleinen Asymmetrie abgesehen, im allgemeinen der Gauss'schen Fehlerkurve.

Ergebnis der Diskussion.

Geht man von der Vorstellung aus, dass die Alpenmassen längs ihrer zentralen Zone isostatisch kompensiert seien, so lassen sich die innerhalb dieser Zone beobachteten Schwerebeschleuni-

gungen in befriedigender Weise darstellen unter der Voraussetzung, dass sich die Ausgleichsfläche in einer Tiefe von rund 100 km befinde, und dass für die Dichte des kompensierenden Defektes die mittlere Höhe der äusseren Massen aus einer Fläche, die von der Grössenordnung 4×10^3 km^2 ist, massgebend sei. Dies spricht also für regionale und nicht für lokale Kompensation. Innerhalb dieser zentralen Zone, die eine mittlere Breite von schätzungsweise 120 km hat, werden dann die beobachteten Schwerewerte mit einer Genauigkeit von $\mu = \pm 0{,}012$ cm $\times$ sec^{-2} dargestellt. Die allgemeine Korrektion x, welche eine Verschiebung des Ausgangsniveaus der Schwere bedeutet, hat den Wert null.

Besprechung der Karte mit den isostatischen Schwereanomalien.

Betrachten wir zum Schluss die graphische Darstellung der isostatischen Anomalien, die sich unter den Annahmen:

$$A = 64 \times 64, \quad T = 100, \quad x = 0 \text{ (vgl. Fig. 18)}$$

ergeben, so ist darüber noch Folgendes zu sagen. Die Kurven $g - \gamma$ stellen die Werte von $v + \delta_\gamma$ dar, wo v den Charakter eines zufälligen Fehlers hat, während δ_γ den Einfluss der isostatisch nicht kompensierten Massen vertritt und damit als systematischer Fehler in die Rechnung eingeht. Die einzelnen Abweichungen $g - \gamma = v + \delta_\gamma$ zeigen nun, dass sie keiner willkürlichen Verteilung unterliegen; sie geben ein ähnliches Bild, wie es schon früher auf Seite 62 besprochen war. Wir finden die kleinsten Werte in den Alpengegenden, und zwar um zwei Zentren: um Chur mit -30×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2} und um Orsières mit -7×10^{-3} cm $\times$ sec^{-2}. Die Walliser und Berner Alpen treten zum grössten Teil mit positiven Anomalien bis zu Werten von $+30 \times 10^{-3}$ resp. $+15 \times 10^{-3}$ auf, während Bündner, Urner, Glarner und St. Galler Alpen negative Anomalien aufweisen. Insgesamt scheinen also unter den obigen Annahmen die Alpen kompensiert; Gebiete mit einem Massenüberschuss halten Gebieten mit einem Massendefekt das Gleichgewicht. Um dieses Alpengebiet lagern sich im Norden und Süden zwei unkompensierte Zonen, die beide einen Massenüberschuss aufweisen: Der Jura und das angrenzende Mittelland im Norden, der Tessin im Süden. Um Basel betragen die Anomalien $+60 \times 10^{-3}$, im Tessin $+120 \times 10^{-3}$ cm $\times$ sec^{-2}.

In den grossen Zügen gleicht das Kartenbild der graphischen Darstellung der Bouguer'schen Abweichungen (13d). Die Ampli-

tude der isostatischen Anomalien ist jedoch kleiner als die der Bouguer'schen; die Bouguer'schen Anomalien gehen von -160×10^{-3} bei Chur bis 0 bei Basel oder $+10 \times 10^{-3}$ bei

Fig. 18.

Brissago; die isostatischen Anomalien von -30×10^{-3} (Chur) bis $+60 \times 10^{-3}$ (Basel) oder $+120 \times 10^{-3}$ (Brissago); gegen Norden hat also die Differenz zwischen den extremsten Abwei-

chungen um 70 Einheiten der dritten Dezimale abgenommen, gegen Süden allerdings nur um 10. Eine weitere wichtige Veränderung ist dadurch eingetreten, dass bei der isostatischen Reduktion positive und negative Anomalien aufgetreten sind, dass das Kurvenbild grössere Unregelmässigkeiten aufweist, so dass schon eine gewisse Willkür in der Verteilung der Zahlen liegt. Vielleicht hätten sich auch die positiven Anomalien im Jura und Mittelland oder im Tessin teilweise mit negativen Anomalien in Nachbargebieten kompensiert, wenn wir die Rechnung über eine weitere Fläche hätten ausdehnen können.

Literatur-Verzeichnis.

1. F. R. Helmert, Die math. u. physik. Theorien d. höhern Geodäsie, II. Teil. (Leipzig 1884).
2. F. R. Helmert, Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate (Leipzig 1907).
3. F. R. Helmert, Die Schwerkraft und die Massenverteilung der Erde. Enzyklopädie d. math. Wiss., Bd. VI, 1 B, Heft 2 (Leipzig 1910).
4. F. R. Helmert, Neue Formeln f. d. Verlauf d. Schwerkraft im Meeresniveau beim Festlande. Berlin. Ber. 1915.
5. J. B. Messerschmitt, Relative Schwerebestimmungen. I. Teil. Das schweiz. Dreiecksnetz (Zürich 1897).
6. J. B. Messerschmitt, Die Schwerebestimmungen an der Erdoberfläche (Braunschweig 1908).
7. Th. Niethammer, Schwerebestimmungen d. schweiz. geodät. Kommssion. Verh. d. schweiz. Naturforschenden Gesellschaft (Glarus 1910).
8. Th. Niethammer, Methoden und neuere Ergebnisse der Schweremessungen. Fortschritte der Naturw. Forschung (Berlin 1910).
9. Th. Niethammer, Schwerebestimmungen d. schweiz. geodät. Kommission. Verh. d. Naturf. Gesellschaft Basel (Basel 1912).
10. Th. Niethammer, Zur Theorie d. isostatischen Reduktion der Schwerebeschleunigung. Verh. d. Naturf. Gesellschaft Basel (Basel 1912).
10. Th. Niethammer, Zur Theorie d. isostatischen Reduktion der Schwerebeschleunigung. Verh. d. Naturf. Gesellschaft Basel (Basel 1917).
11. Th. Niethammer, Zur Theorie d. isostat. Reduktion der Schwerebeschl. Zweite Mitteilung (Basel 1926).
12. Th. Niethammer, Die Schwerebestimmungen d. schweiz. geodät. Kommission u. ihre Ergebnisse. Verh. d. schweiz. Naturf. Gesellschaft (Schaffhausen 1921).
13a. Th. Niethammer, Schwerebestimmungen in den Jahren 1900—1907. Das schweiz. Dreicksnetz. Bd. 12 (Zürich 1910).
13b. Th. Niethammer, Schwerebestimmungen in den Jahren 1908—1910. Das schweiz. Dreiecksnetz. Bd. 13 (Zürich 1911).
13c. Th. Niethammer, Schwerebestimmungen in den Jahren 1911—1914. Das schweiz. Dreiecksnetz. Bd. 15 (Zürich 1916).
13d. Th. Niethammer, Schwerebestimmungen in den Jahren 1915—1918. Das schweiz. Dreiecksnetz. Bd. 16 (Bern 1921).
14. Th. Niethammer und A. Lalive, Déviations de la Verticale et Isostasie. Das schweiz. Dreiecksnetz. Bd. 17 (Bern 1925).
15. Th. Niethammer, Beziehungen zw. Meereshöhen, Nivellementshöhen u. Schwerewerten. Verh. d. Naturf. Gesellschaft Basel (Basel 1927).
16. Procès verbal de la 56me séance de la commission géodésique suisse (Neuchâtel 1910).

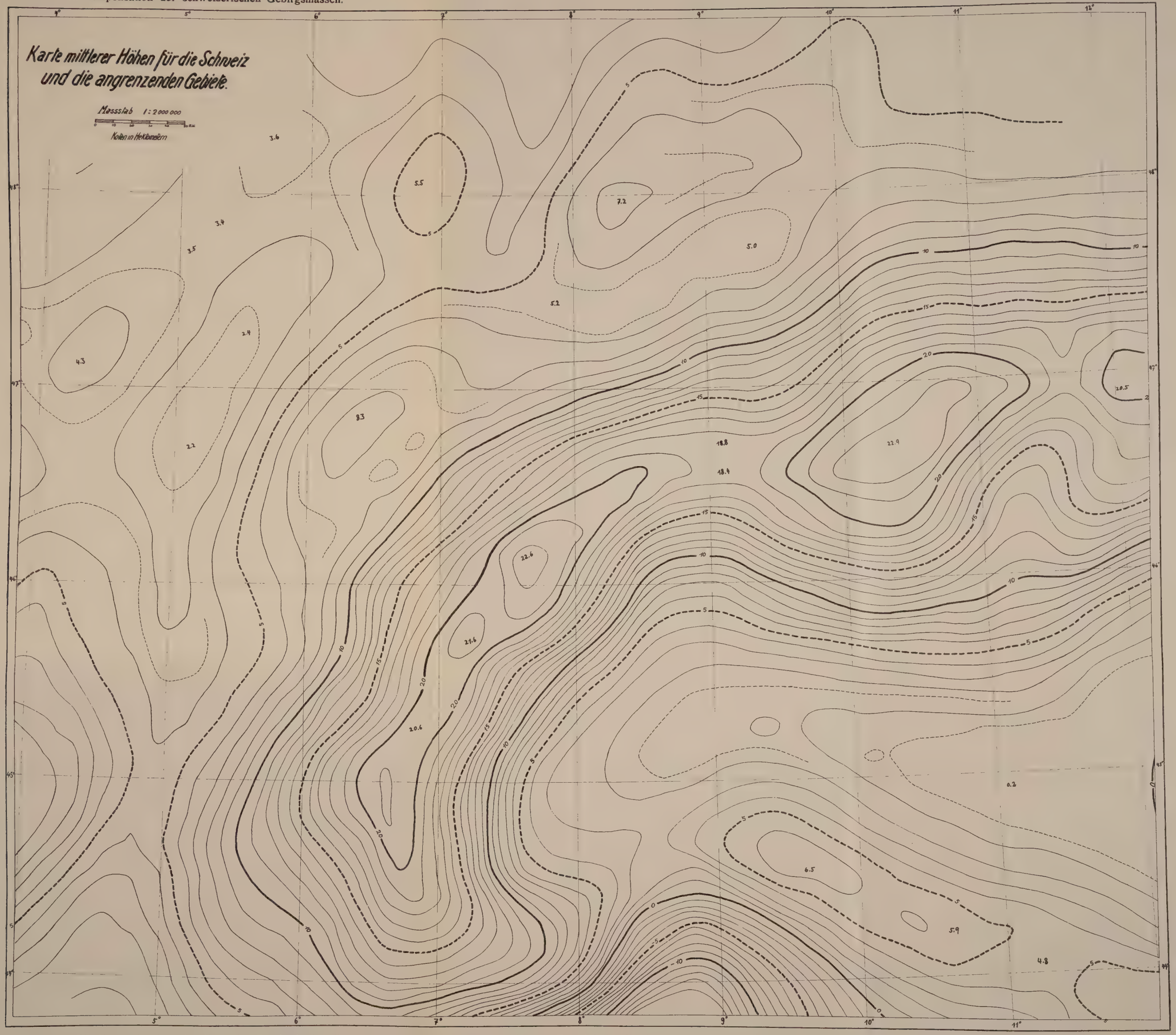
17. J. F. Hayford, W. Bowies, The effect of Topography and isostatic compensation upon the intensity of gravity (Washington 1912).
18. A. Born, Isostasie und Schweremessung (Berlin 1923).
19. Heiskanen, Untersuchungen über Schwerkraft und Isostasie (Helsinki 1924).
20. G. R. Putnam, Regional isostatic Reduction of gravity determinations. Proceedings of the National Academy of sciences (May 1928).
21. G. R. Putnam, Proof of isostasy by a simple gravity reduction method. Academy of sciences (May 1928).
22. A. Prey, Die Theorie der Isostasie, ihre Entwicklung und ihre Ergebnisse. Erg. d. exakt. Naturw., Bd. IV (Berlin 1925).
23. G. Perrier, Les raisons géodésiques de l'isostasie terrestre. Annuaire du Bureau des Longitudes 1926.
24. C. V. L. Charlier, Vorlesungen über die Grundzüge der mathematischen Statistik (Hamburg 1920).

Manuskript eingegangen am 6. Juni 1930.

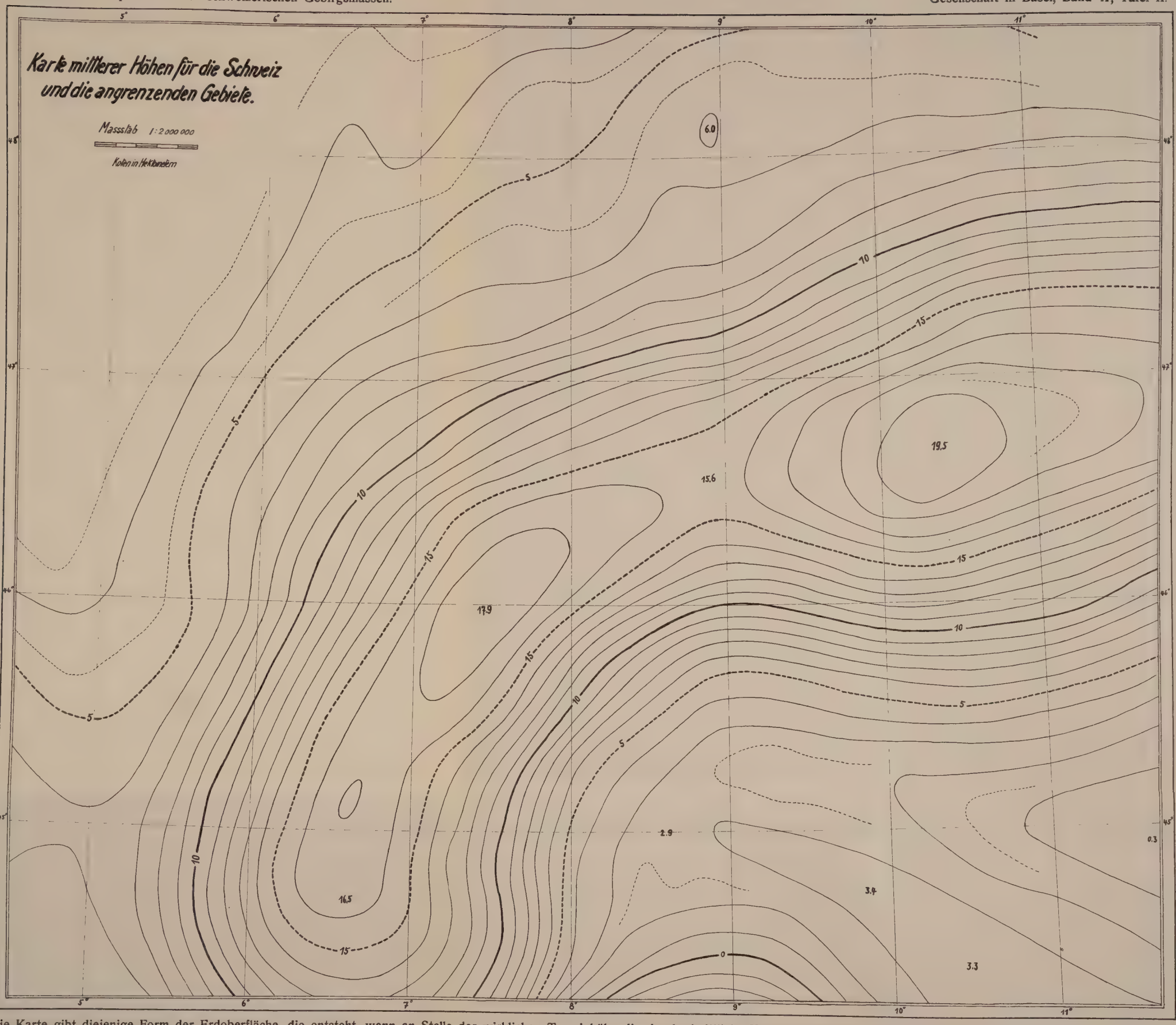
Curriculum vitae.

Ich, Marietta Lehner, bin am 4. Juni 1902 in Wil, Kanton St. Gallen, geboren. Meine Eltern, Walter und Marietta Lehner-Schifferli, siedelten 1904 nach Basel über, wo mein Vater an der hiesigen Mädchen-Sekundarschule angestellt wurde und heute noch amtiert. Ich besuchte die Basler Schulen von 1909—1922 der Reihe nach vier Jahre Primar-, drei Jahre Sekundar- und sechs Jahre die Gymnasialabteilung der Töchterschule. 1922 erhielt ich nach bestandener Maturität das Reifezeugnis. Dann immatrikulierte ich mich in der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der Philosophischen Fakultät der hiesigen Universität und besuchte Kollegien, Seminarübungen und Praktiken bei folgenden Herren Dozenten: Buchner, Flatt, Häberlin, Hagenbach, Hassinger, Janner, Knapp, Matthies, Mohrmann, Niethammer, Roches, Spiess, Veillon und Zickendraht. Im Sommersemester 1925 unterzog ich mich der Fachprüfung für Mittellehrer in den Fächern Mathematik, Physik und Geographie, und zu Ende des Wintersemesters 1925/26 erhielt ich nach bestandener pädagogischer Prüfung das Diplom für Mittellehrer. Dann begann ich mit den Studien für die vorliegende Arbeit, die ich unter der Leitung von Herrn Prof. Niethammer ausführte. Im Sommersemester 1926 bestand ich die Teilprüfung für das Doktorexamen in Mathematik, und im Laufe des Wintersemesters 1926/27 in Physik und Geographie. Daneben vikarierte ich an den hiesigen Schulen und bin momentan Hilfslehrerin an der Töchterschule.

Vor allem danke ich Herrn Prof. Niethammer für seine wertvolle Anregung, Förderung und Hilfe bei meinem Studium.



Die Karte gibt diejenige Form der Erdoberfläche, die entsteht, wenn an Stelle der wirklichen Terrainhöhe die durchschnittliche Höhe innerhalb eines Quadrates von 64 km Seitenlänge eingeführt wird.



Die Karte gibt diejenige Form der Erdoberfläche, die entsteht, wenn an Stelle der wirklichen Terrainhöhe die durchschnittliche Höhe innerhalb eines Quadrates von 128 km Seitenlänge eingeführt wird.